



**Martin Raspe, Georg Schelbert**

## **Bilder ohne Worte? – Kunstgeschichte auf dem Weg in die praktische Digitalität**

→ Digital Humanities, kunsthistorische Fachinformatik, digitales Publizieren, Knowledge Graph, Computer Vision, Fachmethodik

Der Beitrag betrachtet die Rolle des Digitalen in der Praxis des kunstwissenschaftlichen Forschens. Beim Blick auf die Anforderungen und Erwartungen an Werkzeuge, Infrastrukturen und Datenbestände in den vergangenen Jahrzehnten zeigt sich: Erst spät fand das Digitalbild – Inbegriff des Paradigmenwechsels und Ausdruck der neuen Ära – seinen Weg in die wissenschaftliche Praxis. Lange Zeit hatte auch im digitalen Bereich das Wort die Priorität. Wir fragen, ob sich diese Lage grundsätzlich geändert hat.

Das Digitalbild hat heutzutage das analoge Foto, das Diapositiv und selbst die gedruckte Abbildung abgelöst. Das gilt für Vermittlung und Lehre gleichermaßen. Im kunsthistorischen Forschungsprozess jedoch, so unsere These, spielt es auch heute eine ähnliche Rolle wie früher das analoge Bild – es wird betrachtet oder gezeigt und muss durch textuelle Information erschlossen werden. Und dies trotz neuer Trends in den Digital Humanities wie Computer Vision, Bilderkennung und Machine Learning.

In der Praxis der Forschung, so meinen wir, hat der Text als verbindliches und kalkulierbares Format immer noch eine größere Bedeutung als bildliche Reproduktionen von Kunstwerken. »Metadaten« sind das Medium, in dem das Fachwissen digital abgelegt wird. Die Digitalisierung hat dabei durchaus einen Effekt: Die Kunstwissenschaft entwickelt einen neuen »Positivismus«, der nicht primär auf Deutung zielt, sondern deskriptive Merkmale in Zahl- und Textform höher bewertet. Das digitale Bild ist dabei nur ein Baustein von vielen, denn auch in Zukunft wird sich kunsthistorische Forschung vorrangig in »Worten« manifestieren.

⇒ Zitierhinweis Early View

Martin Raspe, Georg Schelbert, Bilder ohne Worte? – Kunstgeschichte auf dem Weg in die praktische Digitalität, in: Dieckmann et al. (Hg.): 4D → Dimensionen | Disziplinen |

Digitalität | Daten, Heidelberg: **arthistoricum.**

**net**, Advance online publication,

29.01.2024, [https://doi.org/10.11588/](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.1100.c15432)

[arthistoricum.1100.c15432](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.1100.c15432).

## Einleitung

Die Einführung des **Personal Computers** um 1981 markiert einen Epochenwechsel: Seither ist die »digitale Revolution« in nahezu alle Lebensbereiche vorgedrungen und hat unsere Praxis verändert. Das gilt auch für die Geisteswissenschaften: Allenthalben wird eine grundsätzliche Neuorientierung postuliert – hinsichtlich der Methoden, der Vermittlungsformen und sogar der Fragestellungen.

In den frühen 2000er Jahren hat sich mit den **Digital Humanities** eine neue Disziplin jenseits der traditionell etablierten Fächer gebildet, die in der Verwendung des Computers ihr definierendes Merkmal sieht. **01** Textorientierte Fächer wie Computerlinguistik oder Sprach- und Literaturwissenschaften haben dabei verständlicherweise die Federführung übernommen: Text ist zugleich zeichenhaft-digital und inhaltlich-semantic konnotiert. Er kann dadurch nahezu verlustfrei und technisch vergleichsweise unkompliziert in das digitale Medium übertragen werden. **02** Das ermöglicht neue, vorzugsweise quantitative Analysen mit Hilfe des Computers, die aufgrund des Arbeitsaufwandes bisher nicht möglich waren. In vielen Projekten bilden Text- und Wort-Corpora hierfür eine ausreichende Arbeitsgrundlage.

Mittlerweile hat sich die neue Disziplin konsolidiert und wird an den Universitäten gelehrt. Seit 2012 gibt es den Verband DHd – »Digital Humanities im deutschsprachigen Raum«, in dem etwa 400 Wissenschaftler\*innen Mitglied sind. Er richtet eine jährliche Tagung aus und gibt eine eigene Zeitschrift heraus. **03** Die Tendenz geht dahin, die Disziplin von den traditionellen geisteswissenschaftlichen Fächern zu emanzipieren: Im Vordergrund steht nicht der jeweilige Gegenstandsbereich, sondern die vom Einsatz des Computers geprägte Methodik. Ziel ist auch die Rückwirkung auf die einzelnen Fächer, um dort digitale Methoden und Praktiken stärker durchzusetzen und sie dadurch zu verändern. Mitunter wird eine Revolution der Forschungsparadigmen verkündet, die traditionelle Methoden und Arbeitsverfahren der Geisteswissenschaften hinter sich lassen werde. **04**

Die Kunstwissenschaft steht zwar nicht vollkommen abseits, aber eine gewisse Zurückhaltung, sich dem neuen Konzept unterzuordnen, ist spürbar. **05** Das Bedürfnis, einen eigenen Weg zu gehen, der die Besonderheiten des Faches berücksichtigt, spiegelt sich zum Beispiel im **Arbeitskreis Digitale Kunstgeschichte**, der sich um die Förderung einer digitalen Fachinformatik bemüht. **06**

Das besondere Merkmal der Kunstgeschichte liegt auf der Hand: Ihre Forschungsgegenstände sind visueller Natur. Dennoch besteht die Tätigkeit der Kunsthistoriker\*innen darin, vereinfacht gesagt, über Kunstwerke Texte zu machen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Kunstwissenschaft im Regelfall nicht anhand von Originalwerken betrieben werden kann, so erstrebenswert das auch wäre: Die Reproduktion muss das Original ersetzen. Sie ist fast immer ein zweidimensionales Abbild **07** und insofern eine Reduktion. Besonders deutlich wird dies im Fall von Skulpturen oder Bauwerken: Zwei Dimensionen reichen nicht aus, um Werke angemessen zu erfassen, die plastisch oder räumlich wahrgenommen werden wollen.

Die Herausforderung für die Wissenschaft liegt darin, die mediale Distanz zu überwinden und über dem Surrogat das vollständige, genuine Werk selbst nicht aus dem Auge zu verlieren. Diese Notwendigkeit besteht allerdings nicht erst,

■ **01**  
<https://dig-hum.de/digitale-geisteswissenschaften>.

■ **02**  
Dies gilt zumindest für Alphabetschriften. Selbstverständlich wird auch hier mit den Zeichen nicht die gesamte Semantik übertragen, aber sie ist im Gegensatz zum Bild einfacher bzw. überhaupt adressierbar.

■ **03**  
<https://zfdg.de/>.

■ **04**  
Petra Missomelius: »Medienbildung und Digital Humanities. Die Medienvergesellschaften technisierter Geisteswissenschaften«, in: Ortner, Heike, et al. Datenflut und Informationskanäle. Innsbruck: innsbruck university press, 2014, S. 101-111, <http://books.openedition.org/iup/1264>.

■ **05**  
Von den zahlreichen Standortbestimmungen seien hier genannt: James Cuno, *How Art History is Failing at the Internet*, 2012, <https://www.dailydot.com/unclick/art-history-failing-internet/>; Johanna Drucker: *Is there a digital art history?*, in: *Visual Resources. An International Journal of Documentation*, Vol. 29, No. 1-2, S. 5-13, <https://doi.org/10.1080/01973762.2013.761106>; Thomas Hänsl: *Malraux Reloaded: Digitale Kunstgeschichte nach dem digital turn. Versuch einer Standortbestimmung*, in: *kritische berichte* 42.4 (2014), S. 75-85. Explizit ablehnend positioniert sich Claire Bishop, »Against Digital Arthistory«, in: »Against Digital Art History«, *International Journal for Digital Art History* 3 (2018), S. 122-131, <https://doi.org/10.11588/dah.2018.3.49915>.

## ■ 06

Vgl. Georg Schelbert: *Digitale Kunstgeschichte – Digital Art History. Überlegungen zum aktuellen Stand*, in: Piotr Kuroczyński, Peter Bell, Lisa Dieckmann (Hg.): *Computing Art Reader – Einführung in die digitale Kunstgeschichte (Computing in Art and Architecture, Band 1)*, Heidelberg 2018, S. 41–57, <http://books.ub.uni-heidelberg.de/arthistoricum/reader/download/413/413-17-83319-2-10-20181210.pdf>, hier S. 43–47.

## ■ 07

Digitale 3D-Modelle werden in der Forschung ebenso selten als Untersuchungsmaterial benutzt, wie dies im analogen Zeitalter bei gebauten Modellen der Fall war. Modelle dienen in der Regel der Vermittlung, nicht der Forschung.

## ■ 08

Zur Diskussion des digitalen Bildes vgl. Claus Pias: *Das digitale Bild gibt es nicht. Über das (Nicht-)Wissen der Bilder und die informatische Illusion*, in: *Zeitenblicke 2* (2003), Nr. 1, <https://www.zeitenblicke.de/2003/01/pias/index.html> und Wolfgang Kemp: *Medienrevolution und Kunstwissenschaft*, in: Effinger et al. 2021, S. 189–220. Das seit 2019 von der DFG geförderte Schwerpunktprogramm »Das digitale Bild« stellt als Format einen Verbund von Einzelprojekten dar, die sich aus unterschiedlichen Perspektiven mit Aspekten des digitalen Bildes beschäftigen. Inhaltlich überwiegen medienhistorische und medientheoretische Ansätze, <https://www.digitalesbild.gwi.uni-muenchen.de/>.

## ■ 09

Hier geht es nicht um eine grundlegende Modellierung der Aktivitäten geisteswissenschaftlicher Forschungstätigkeit, wie sie gelegentlich versucht wird: Benardou, A., Constantinopoulos, P., Dallas, C., Gavriliis, D.: *Understanding the information requirements of arts and humanities scholarship*. *Int. J. Digit. Curation* 5 (1), 18–33 (2010), <https://doi.org/10.2218/ijdc.v5i1.141>.

seit es digitale und digitalisierte Wiedergaben von Kunstwerken gibt. Sie betrifft die Arbeit anhand von Kupferstichen, analogen Fotografien oder gedruckten Illustrationen in gleicher Weise. Die Tatsache, dass viele der benötigten Abbildungen heutzutage digital vorliegen, rechtfertigt also nicht per se, einen fundamentalen Umbruch in der kunsthistorischen Methodik zu konstatieren.

Trotzdem wird die Einführung des neuen Mediums »Digitalbild« gern als grundlegender Paradigmenwechsel dargestellt, der eine neue Wissenschaftsära einläute. Die Kunstwissenschaft sei auf dem Weg von einer traditionellen, vorwiegend begriffs- und wortbasierten Methodik hin zu einer prinzipiell bildbasierten Arbeitsweise. Grund und Anlass dafür seien die besonderen Eigenschaften des neuen Mediums: Die Digitalität des Bildes erlaube es, seinen anschaulichen Merkmalen mit Verfahren der elektronischen Datenverarbeitung zu Leibe zu rücken und so zu Einsichten zu gelangen, die anders nicht zu bekommen seien. Diese Einschätzung äußert sich zum Beispiel in der Einrichtung des DFG-Schwerpunktprogramms »Das digitale Bild«. ■ 08 Ob das geschilderte Narrativ tatsächlich zutrifft, dieser Frage wollen wir hier nachgehen.

Unbestreitbar hat der Einsatz des Computers repetitive und lästige Arbeitsschritte verändert, vereinfacht und vor allem skaliert. Aber wie fundamental ist der Umbruch tatsächlich? Wie einschneidend verändert der Medienwechsel die kunsthistorische Forschung im Hinblick auf ihre praktische Tätigkeit? Und welche Rolle spielen neue Analyseverfahren, die nur am digitalen Bild angewendet werden können?



## □ 01

Kann das Bild für sich selber sprechen?  
Paul Klee, *Rich harbour*, 1938, Basel, Kunstmuseum (Foto public domain Wikimedia Commons)."

Zur Beantwortung dieser Fragen wollen wir zunächst untersuchen, wie geisteswissenschaftliche und speziell kunsthistorische Forschung in der Praxis vor sich geht. ■ 09 In den Digital Humanities scheint darüber wenig Zweifel zu bestehen; genauer gesagt, das Thema wird nur selten reflektiert. Was den praktischen Nutzen des Computers betrifft, herrscht ein Optimismus vor, der nur selten in Frage gestellt wird: Digitale Technologien einzusetzen erscheint grundsätzlich erstrebenswert. Ob diese wirklich geeignet sind, neue Erkenntnisse zu Tage zu fördern, diese Frage wird nicht als Aufgabe der Digital Humanities ange-

sehen, sondern der Fachwissenschaft überlassen. Das »Machen« steht im Zentrum des Interesses; demgegenüber treten nicht selten der Gegenstand selbst, die Forschungsfrage und ihre Beantwortung in den Hintergrund. Die Gefahr, in ein »speculative computing« hineinzugeraten, bei dem eine Methode zunächst um ihrer Machbarkeit willen angewendet wird und sich am Ende durch die Faszination des technischen Funktionierens selbst bestätigt, wird allerdings durchaus gesehen. <sup>10</sup>

Sofern grundsätzliche Aussagen gemacht werden, wird gelegentlich sogar die Legitimation der überkommenen geisteswissenschaftlichen Methodik bezweifelt. So stellte Hubertus Kohle in seiner 2013 erschienenen »Digitalen Bildwissenschaft« <sup>11</sup> fest, dass die Kunsthistoriker\*in angesichts fehlender EDV-Kompetenz ihre wissenschaftliche Autonomie aufgeben und mit Computer-expert\*innen teilen müsse. Daraus folge, dass in Zukunft viele Forschungsfelder im digitalen Zeitalter über Bord geworfen werden dürfen, oder sogar müssen: »Herkömmliche Zugangsweisen verlieren ... ihre Existenzberechtigung, es hat wenig Zweck, ihnen hinterherzutrauern«. <sup>12</sup> Kohle zufolge wohnt dem Digitalen »eine disruptive Qualität inne«: <sup>13</sup> Wir sollen uns darauf einstellen, dass die Kunstgeschichte »den im 18. Jahrhundert ausgebildeten historistischen Grundansatz aufgibt« <sup>14</sup> und sich in Richtung einer »Bildwissenschaft« verlagert.

Es wird deutlich, dass es in einer solchen **Digitalen Bildwissenschaft** nicht mehr um das historische Objekt geht, das Materialität, Ausdehnung, Volumen, Gewicht und außerdem einen beträchtlichen historischen Kontext besitzt. Vom Werk selbst, von Künstler\*innen-Biografien, sozialen Fragen, ikonologischen und kulturgeschichtlichen Zusammenhängen oder gar künstlerischen Intentionen ist kaum mehr die Rede. Untersuchungsgegenstand sind nur noch Digitalbilder – nun aber auch solche, die gar nicht aus einem künstlerischen Schaffensprozess hervorgegangen sind, sondern von Naturwissenschaften produziert, von Computerprogrammen berechnet oder von einem mit Handykameras ausgestatteten Publikum online gepostet werden. <sup>15</sup> Ist das die Zukunft des Computereinsatzes in der Kunstgeschichte? Kann nur noch das digital kodierte Bild selbst Interesse erwecken, weil es mit computergestützten Methoden analysiert werden kann?

Im Folgenden wollen wir zeigen, dass diese Zukunftsvision weder den im Fach nach wie vor gestellten Fragen und der bereits geübten digitalen Praxis entspricht, noch eine zwangsläufige Entwicklung darstellt. Wir gehen dabei vor allem von der Überzeugung aus, dass der Einsatz des Computers keineswegs zur Folge hat, dass die Komplexität der geschichtlichen Perspektive und die Verbindung von Quellenarbeit und formaler Analyse aufgegeben werden muss zugunsten einer rechnerischen Analysearbeit ausschließlich am Bild. In denjenigen Fällen, in denen sich das Werk mit dem Bild weitgehend deckt – im Fall von Zeichnung, Druckgrafik, Malerei, Fotografie und natürlich im Fall von **born digital images** <sup>16</sup> – mögen Forschende vielleicht vordergründig mit digitalen Abbildungen auskommen; wenn die Forschung jedoch Aussagen über das Werk in seinem historischen Kontext machen will, reicht dafür die computergestützte Untersuchung von Bilddateien nicht aus.

Anstatt von einem fiktiven Forschungsmodell auszugehen, das mit der Wirklichkeit nur punktuell übereinstimmt und sich am Ende selbst bestätigt, wollen wir hier zunächst die Entwicklung der Tätigkeiten betrachten, die erfahrungsgemäß im täglichen Forschungsprozess vorkommen. Im ersten Teil geht es darum,

■ 10  
Drucker 2013.

■ 11  
Kohle, Hubertus: *Digitale Bildwissenschaft*, Glückstadt 2013 (10.11588/artdok.00002185).

■ 12  
Kohle 2013, S. 167.

■ 13  
Kohle 2013, S. 169.

■ 14  
Kohle 2013, ebd.

■ 15  
Vgl. Forschungsgruppe *Das Technische Bild am Institut für Kunst- und Bildgeschichte der Humboldt-Universität* (<https://www.dtb.hu-berlin.de/de>). Zum Überblick über das Arbeitsgebiet des maschinellen Sehens, vgl. Anselm Franke, Felix Mittelberger, Sebastian Pelz und Margit Rosen: *Maschinensehen. Feldforschung in den Räumen bildgebender Technologien*, Leipzig 2013.

■ 16  
*Bildwissenschaft und Bildgeschichte bewegen sich fast ausschließlich in diesen Gegenstandsbereichen. Nach unserem Verständnis wird damit nur ein Teilbereich der Kunstgeschichte im Sinne einer historischen Betrachtung praktischer Kunstproduktion abgedeckt.*

einen Überblick zu gewinnen, was sich seit etwa 1980 unter dem Einfluss des Computers an diesen Tätigkeiten geändert hat; im zweiten Teil nehmen wir neuere methodische Tendenzen aus dem Bereich der **Digital Humanities** in den Blick, die das Fach Kunstgeschichte berühren, und diskutieren sie im Hinblick auf ihre Auswirkung auf die Praxis der Forschung. Am Ende stellt sich die Frage nach dem Realitätsbezug: Kann die digitale Kunstgeschichte zur besseren »Bodenhaftung« der Forschung beitragen, oder ist sie auf dem Weg in eine Bilderwelt ohne Worte?

## Kunstgeschichte und Computer: Geschichte einer Nutzenanwendung mit Vorbehalten

### Digitales Schreiben

Es hat einige Zeit gedauert, bis der Computer seinen Weg in die Praxis der kunsthistorischen Forschung gefunden hat. <sup>17</sup> Als die ersten **Personal Computer** (PC) auf dem Markt erschienen und in Unternehmen und Privathaushalte einzogen, war der Erfolg des programmierbaren Geräts in Forschung und Lehre an Universitäten, Museen und Forschungsinstituten noch längst nicht absehbar. Ein Grund für die zögerliche Aufnahme in den Geisteswissenschaften war sicherlich, dass der auf dem IBM PC basierende, handelsübliche Arbeitsplatzrechner in erster Linie auf Büro- und Buchhaltungstätigkeit zugeschnitten war. Die ersten Anwendungen – abgesehen von Programmiersprachen aus dem naturwissenschaftlichen Bereich wie Basic, Fortran oder Cobol – waren einfache Datenbank-Systeme (dBase), die neu erfundene Tabellenkalkulation (VisiCalc, Multiplan, Lotus 1-2-3) sowie Textverarbeitungssoftware (WordStar, WordPerfect), also ein Bündel von Programmen, das bereits damals vergleichbare Funktionen erfüllte wie ungefähr zehn Jahre später die Office-Pakete von Microsoft und anderen Herstellern. <sup>18</sup> Software, die spezifisch akademische Bedürfnisse unterstützte, gab es in den Anfängen so gut wie gar nicht.

Während für Datenbanken und **spreadsheets** in den Geisteswissenschaften zunächst kaum Bedarf bestand, wurde jedoch rasch deutlich, dass mit dem PC ein Gerät zur Verfügung stand, das – in Verbindung mit einem Drucker – die klassische elektrische Schreibmaschine ablösen würde. Wissenschaftliche Texte in die Maschine einzugeben, abzuspeichern, elektronisch zu kopieren und zu archivieren, nachträglich zu verbessern, zu erweitern und umzustellen, schließlich sauber formatiert – und noch dazu in flexibler Auflage – ausdrucken zu können, war theoretisch ein großer Schritt in Richtung Arbeitserleichterung und Qualitätsverbesserung. Der praktische Weg dorthin war jedoch gerade im akademischen Bereich mühselig. Probleme mit der Darstellung von internationalen Zeichensätzen (Umlaute und Sonderzeichen, nicht-lateinische Alphabete), mit der Hand-

#### ■ 17

Wir betrachten in diesem Beitrag die Praxis in der Breite des universitären Alltags. Einzelne, teils durch Großunternehmen, teils wesentlich früher durchgeführte Projekte, wie sie M. Pratschke jüngst beschrieben hat (Margarete Pratschke: »Wie Erwin Panofsky die digital humanities erfand. Für eine Geschichte und Kritik digitaler Kunst- und Bildgeschichte«, in: kritische berichte, Heft 3, 2016, S. 53–62 und Margarete Pratschke: »Geschichte und Kritik digitaler Kunst- und Bildgeschichte«, in: Computing Art Reader. Einführung in die digitale Kunstgeschichte, Hg. Piotr Kuroczyński, Peter Bell, Lisa Dieckmann, Heidelberg 2018, S. 20–37, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.413.c5767>, stehen hier nicht im Fokus. Ebenso ist die Geschichte der kultur- und medienwissenschaftlichen Forschung zur Digitalität nicht Gegenstand dieses Beitrags.

#### ■ 18

Steven J. Searle, A brief history of character codes in North America, Europe, and East Asia, 2004, <http://tronweb.super-nova.co.jp/characodehist.html>.

habung von Silbentrennung, Fußnoten, Tabellen und Verzeichnissen drängten sich bei der Arbeit in den Vordergrund und schienen bisweilen die neu erworbenen Vorteile aufzuwiegen. <sup>19</sup>

Zudem fiel es zahlreichen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen schwer, sich an die zunehmende Präsenz der neuen »digitalen Infrastruktur« zu gewöhnen. Oft war zu hören, der Computer eigne sich zwar als Ersatz für die Schreibmaschine; wenn man aber einen neuen Text konzipieren und abfassen wolle, müsse man ihn in gewohnter Manier im Kopf entwerfen und mit der Hand vorschreiben. Erst nach der intellektuellen Fertigstellung des Inhaltes habe es Sinn, Text in den Rechner einzugeben. Mit der Zeit sind diese Berührungängste geschwunden. Wohl niemand mehr verfasst heute seine Aufsätze mit dem Füllfederhalter, und die Möglichkeit, Textelemente zu korrigieren, zu überarbeiten, zu verschieben und zu kopieren hat sicherlich in allen Geisteswissenschaften zu einer enormen Steigerung der Textproduktion hinsichtlich Anzahl, Umfang und formaler Gestaltung beigetragen – der wissenschaftliche Gehalt hielt freilich nicht automatisch mit. Auch die Autonomie der Wissenschaftler\*innen hat stark zugenommen: Layout, Rechtschreib- und Grammatikkorrektur, automatische Verwaltung von Inhalts- und Abbildungsverzeichnissen und Übersetzungssoftware erleichtern die Arbeit am Text ungemein und verbessern die Kontrolle über das Endprodukt.

Kritik, die der elektronischen Datenverarbeitung insbesondere in der Anfangszeit entgegengebracht wurde, war durchaus fundamentaler Natur. Wenn der Laie auf technischem Gebiet überhaupt etwas wusste über die Funktionsweise eines »Elektronengehirns«, so war es die Tatsache, dass der Rechner mit dem Binärsystem arbeitet, also nur zwei Zustände kennt, Strom an und Strom aus, mit denen die Zahlenwerte 0 und 1 dargestellt werden. Jegliche Inhalte, die der Computer verarbeiten soll, müssen also in ein digitales Format verwandelt werden. Die Buchstaben eines Textes werden – ungeachtet der Typographie und des Satzbildes – in numerische ASCII-Codes verwandelt, ein Bild wird – wie bei der Übertragung in eine Kreuzstich-Vorlage – zunächst in quadratische Pixel zerlegt, die einzeln gespeichert werden, und zwar ebenfalls in Zahlenwerten. Anfangs gab es nur acht oder sechzehn vordefinierte Farben, dann indexierte Paletten mit 256 Abstufungen, schließlich wurden 16,8 Millionen oder gar 281 Billionen Farbnuancen erreicht, indem die roten, grünen und blauen Farbkanäle mit jeweils acht oder 16 Bit kodiert wurden. <sup>20</sup>

Es lag auf der Hand, dass die Überführung der stufenlosen, analogen Wirklichkeit in eine digitale Kodierung mit Verlusten und Vergrößerungen verbunden war. Die Befürchtung war, dass die Übertragung wissenschaftlicher Inhalte in digitale Datenformate ähnliche Simplifizierungen und Verzerrungen erforderlich machen würden. Die digitale Kodierung sprachlich ausgedrückter Sachverhalte schien zu erfordern, sich dem binären Druck des Rechners zu unterwerfen. Entweder ja oder nein, schwarz oder weiß, Rembrandt oder nicht Rembrandt. Für die eigenen, auf komplexes und interpretationsbedürftiges Belegmaterial gestützten wissenschaftlichen Aussagen wurde eine vergleichbare Reduktion befürchtet – und darüber hinaus der Verlust von Nuancen, Schattierungen und Unbestimmtheiten im sprachlichen Ausdruck, mit denen zu arbeiten man für unabdingbar hielt. <sup>21</sup>

#### ■ 19

Umlaute, Fußnoten, Verzeichnisse etc. waren in Office-Software zunächst nur in begrenztem Umfang verfügbar. Der 1991 eingeführte Unicode-Standard, der Zeichen nahezu aller Sprachen abbilden kann, wurde erst Ende der 1990er Jahre in der Textverarbeitung verfügbar, um den 127 lateinische Zeichen umfassenden ASCII-Code abzulösen.

#### ■ 20

[https://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_depth](https://en.wikipedia.org/wiki/Color_depth).

#### ■ 21

Karl Clausberg: 1984 wieder hinter Schloss(er) und Riegel? – Ein Kongress-Ausblick, in: kritische berichte 11 Nr. 4 (1983), S. 71–74, <https://doi.org/10.11588/kb.1983.3.9803>; teils direkt gegen Heusinger (Lutz Heusinger: Kunstgeschichte und EDV: 8 Thesen, in: kritische berichte 11 Nr. 4 (1983), S. 67–70, <https://doi.org/10.11588/kb.1983.4.9808>, der auf dem Internationalen Kunsthistorikertag 1983 in Wien eine auf Klassifikation und Normierung basierende Arbeitspraxis mit dem Computer entwarf. Vgl. Matthias Bruhn: 50 Jahre Künstliche Intelligenz. Elektronisierung von Kunst und Geschichte im Spiegel der kritischen berichte, in: kritische berichte 48.1 (2020), S. 9–18, hier S. 13.

Die rein technischen Probleme für geisteswissenschaftliche Anwender\*innen lösten sich im Laufe der Zeit, allerdings oft mit großer Verzögerung. Apple-Rechner waren hier die Wegbereiter. Sie konnten schon früh mit verschiedenen Zeichensätzen parallel umgehen und waren oft einen Schritt voraus, wenn es um Bildbearbeitung und die Verwaltung von Digitalfotos ging. Bereits mit dem Erscheinen des Apple Macintosh 1984 wurden grafische Benutzeroberflächen populär, setzten sich aber erst mit der Einführung von Microsoft Windows 3.1 auf dem PC im Jahre 1992 flächendeckend gegen das zeilenweise arbeitende Text-Terminal durch. <sup>22</sup> Diese neue, intuitivere Art der Benutzerführung ermöglichte ein **multitasking** mehrerer Programme zugleich, die in einzelnen »Fenstern« auf einer nunmehr hellen Bildschirmfläche, die als virtueller »Desktop« apostrophiert wurde, geöffnet und abwechselnd aktiviert werden konnten. Dadurch wurde es möglich, beim Schreiben eines wissenschaftlichen Textes Abbildungen und Sekundärliteratur auf dem Bildschirm offen zu halten.

Die Bedienung mit der Maus, dem Trackball, Trackpoint, später mit Touchpad und Touchscreen über Menüs und icons vereinfachte den Zugang für Neulinge und Gelegenheitsnutzer und führte auch in der Wissenschaft zu steigenden Anwenderzahlen. Programme konnten nun gesteuert werden, ohne dass man dafür spezifische Tastenkombinationen erlernen musste. Erfahrene Computerbenutzer hingegen beurteilen diese Form der Bedienung jedoch häufig als weniger effizient. <sup>23</sup>

Die Rolle des Computers als Infrastruktur-Element in der kunsthistorischen oder allgemein historischen Forschung bekam zusätzlichen Aufwind mit dem Aufkommen der ersten portablen Rechner (je nach Größe Laptop oder Notebook genannt) in den späten 1980er Jahren. <sup>24</sup> Das tragbare Format gestattete es, den eigenen Rechner in den Hörsaal, auf Forschungsreisen, in die Bibliothek und ins Archiv mitzunehmen. Nach und nach richteten sich die Institutionen auf die geänderten Arbeitsmethoden der Forscher\*innen ein. War anfangs die Verwendung mobiler Rechner bspw. in Lesesälen ausdrücklich verboten, wurden bald ausgewiesene Arbeitsplätze mit Steckdosen zur Verfügung gestellt. Die Stromversorgung durch leistungsfähigere Akkus garantierte parallel dazu eine immer größere Ortsunabhängigkeit.

■ 22  
Die Entwicklung einer grafischen – im Grunde analogen – Oberfläche wurde im Wesentlichen von der Fa. Apple vorangetrieben, die damit auch ihre Wettbewerber unter Zugzwang setzte.

■ 23  
Damit wurde zugleich wieder eine Ebene des Analogen über die Digitalität des Computers gelegt, die eine vermeintliche Vertrautheit erzeugt, aber das Verständnis der Funktionsweise und der Möglichkeiten des Computers zunächst einmal erschwert. Die immer wieder zitierte Routine der Digital Natives im Umgang mit digitalen Geräten bezieht sich vor allem auf diese Oberflächen.

■ 24  
Frühe Meilensteine waren die Toshiba T1000er Serie ab 1985 und das Apple Macintosh-PowerBook 100er Serie ab 1991.

## Digitale Fotografien

Hervorzuheben ist, dass in dieser ersten Phase das digitale Bild, also die fotografische Reproduktion eines Kunstwerkes in digitaler Kodierung, in der praktischen Tätigkeit noch gar keine Rolle spielte. Bis um 1990 gab es weder die Aufnahmen selbst noch standardisierte Bildformate, in denen Digitalfotos hätten gespeichert werden können. <sup>25</sup> Doch schon wenige Jahre später entwickelte sich die Technologie Schlag auf Schlag: Flachbettscanner und kompakte Digitalkameras (und bald darauf Smartphones) vervollständigten die digitale Ausrüstung der Kunsthistoriker\*innen. Sie konnten nun eigene und fremde Foto- (ebenso wie Ton- und Video-)Aufnahmen auf der PC-Festplatte speichern. Verwaltet und betrachtet wurden die Bilddateien in der gleichen Umgebung wie die wissenschaftlichen Texte, nämlich in hierarchisch staffelbaren Ablage-Verzeichnissen (folders). Erst durch die Zusammenführung von digitalen Bildmedien und Textmaterial wurde der Computer zu einer integrierten Arbeitsumgebung für die persönliche Forschung der einzelnen Wissenschaftler\*in.

Mit der Einrichtung des Breitband-Wissenschaftsnetzes im Jahre 1996 gelangte das Internet in großem Umfang an die deutschen Hochschulen und wurde zu einem Standardservice an Universitäten und Forschungseinrichtungen. <sup>26</sup> Damit gewann die Phase der großen Digitalisierungsprojekte an Bibliotheken und – mit einigem Abstand – an Museen schnell an Fahrt. Zwar vertrieben größere Sammlungen bereits digitales Material auf CD-Rom, <sup>27</sup> jedoch eröffnete erst die weltweite Vernetzung den Zugang zu digitalisiertem Forschungsmaterial – auch in entlegenen Sammlungen. Während in Frankreich die nationalen Datenbanken Joconde und Mérimée bereits 1995 online gingen <sup>28</sup>, waren es in Deutschland zunächst vor allem lokale Einzelinitiativen, die Bilder und Daten von Kulturgut im Internet veröffentlichten, auch wenn schon seit den späten 1980er Jahren – noch ohne mit der Möglichkeit des Internet zu rechnen – mit dem MIDAS-Projekt des Bildarchivs Foto Marburg der Versuch unternommen wurde, Kunstdenkmäler in verschiedenen Institutionen übergreifend und einheitlich zu erfassen. <sup>29</sup> Eine große Bedeutung für die Online-Versorgung mit Bildmaterial besaßen von Anfang an private Initiativen, wie etwa – seit 1996 online – die Web Gallery of Art <sup>30</sup>. Die zunächst rein auf textuellen Metadaten basierenden Bildsuchen in den Web-Suchmaschinen eröffneten die freie Suche nach Bildmaterial im Internet.

■ 25  
GIF 1987; JPEG 1991.

■ 26  
Breitband-Wissenschaftsnetz (B-WiN) seit 1996 (Jürgen Rauh: Hochleistungs- und Wissenschaftsnetze, in: Nationalatlas, Verkehr und Kommunikation, 2001, S. 56–57).

■ 27  
Siehe die v. a. auf die USA ausgerichtete Übersicht bei Trant/Large 1994. In Deutschland strebte das von Foto Marburg mit Verbundpartnern initiierte DISKUS-Projekt (Digitales Informationssystem für Kunst- und Sozialgeschichte) einen kollektiven Datenverbund an, zielte zunächst auf die Publikation auf CD-Rom (bspw. Andreas Bienert, Kathrin Höltge u.a.: Gemäldegalerie Berlin, Staatliche Museen zu Berlin SMPK. München 1998)

■ 28  
Joconde, die kollektive Datenbank der musealen Sammlungen, und Merimee, Datenbank des architektonischen Erbes, wurden seit den 1970er Jahren aufgebaut und ab 1995 über das Internet zugänglich gemacht. Heute sind sie gemeinsam mit weiteren Datenbanken zum Kulturerbe über die zentrale Plattform POP (plateforme ouverte du patrimoine) abfragbar, <https://www.pop.culture.gouv.fr/>.

■ 29  
Das Erfassungsschema MIDAS wurde von Lutz Heusinger seit den späten 1970er Jahren entwickelt. Seit 1984 arbeitete Foto Marburg mit der Software HIDA; vgl. Fritz Laupichler: MIDAS, HIDA, DISKUS – was ist das?, in: AKMB - news 4, 2/3 (1998), S. 18–24, [https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/6198/1/1998\\_Laupichler.pdf](https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/6198/1/1998_Laupichler.pdf); Fritz Laupichler: Das Bildarchiv Foto Marburg: von der »Photographischen Gesellschaft« zum Deutschen Dokumentationszentrum für Kunstgeschichte: ein historisch-chronologischer Abriss 1913–2013. Marburg 2015.

■ 30  
<https://www.wga.hu/>.

Mit dem Bildarchiv prometheus wurde 2001 die bereits ganz aus dem Netz heraus entwickelte Idee verwirklicht, Abbildungen historischer Kunstwerke für die universitäre Forschung und Lehre zentral online verfügbar zu machen. Als Quelle dienten die Bestände verschiedener kunsthistorischer Bilddatenbanken, die zumeist aus Institutsdiatheken hervorgegangen waren. Bild- und Metadaten der angeschlossenen Einrichtungen wurden entweder importiert oder **on the fly**, also im Moment des Seitenaufrufs, vom Quell-Server geholt und eingebunden. Ein besonderes, das bisherige Credo normierter Metadatenschemata revolutionierendes Prinzip bestand darin, dass die unterschiedlich strukturierten Textdaten – unter Beibehaltung weniger gemeinsamer Basis-Felder – flexibel weiterverarbeitet und präsentiert wurden. Die Qualitätsunterschiede der Katalogisierung konnten allerdings nicht immer völlig ausgeglichen werden. Die Suchergebnisse sind daher nicht immer zuverlässig. Das Prinzip, lokale Diatheken online zu vereinigen, hat zur Folge, dass die Bilddaten die unterschiedliche Qualität der – teils über mehrere Vervielfältigungsprozesse hinweg entstandenen – Abbildungsvorlagen widerspiegeln. <sup>31</sup> Heutzutage sind viele Bildgegenstände anderswo im Netz in besserer Qualität verfügbar, oft zum Beispiel bei den Museen selbst. Auch diese Ressourcen werden zunehmend in prometheus eingebunden.

Das Grundkonzept von prometheus, bereits vorhandenes und aktuell verfügbares Bildmaterial in einer Anwendung zusammengefasst bereitzustellen, hat die Praxis in Forschung und Lehre bislang effektiver unterstützt als die schulgerechte Digitalisierung und Katalogisierung älterer analoger Fotobestände oder institutionalisierte Neuaufnahme-Kampagnen. Die Bestände der spezifisch kunsthistorischen Bildarchive (Foto Marburg und die Fototheken der außeruniversitären Forschungsinstitute wie des KHI in Florenz, der Bibliotheca Hertziana in Rom oder des Zentralinstituts für Kunstgeschichte in München) sind bis heute nur zu einem Teil digital veröffentlicht. <sup>32</sup>

Festzuhalten ist: Online verfügbares Bildmaterial hatte zunächst nur die Funktion, die individuelle Forschungs-, Lehr- und Publikationstätigkeit zu vereinfachen und zu beschleunigen. Das Bild wurde und wird weitgehend in herkömmlicher Weise verwendet, betrachtet, beschrieben; mit ihm wurde nicht »gerechnet«. Bis vor kurzem lagen digitale Analysemethoden, mit deren Hilfe man anhand von Bilddateien kunsthistorische Forschung hätte betreiben können, auch technisch noch in weiter Ferne. Das könnte sich in naher Zukunft und in steigendem Tempo ändern.

■ 31

Ute Versteegen: **prometheus** – Das verteilte digitale Bildarchiv für Forschung & Lehre, in: *zeitenblicke* 2 (2003), Nr. 1, <https://www.zeitenblicke.de/2003/01/versteegen/index.html>; Holger Simon, Ute Versteegen: »Prometheus – Das verteilte digitale Bildarchiv für Forschung & Lehre. Neuartige Werkzeuge zur Bereitstellung von verteiltem Content für Wissenschaft und Forschung.« *Historical Social Research / Historische Sozialforschung* 29, no. 1 (107) (2004). S. 247–57, <http://www.jstor.org/stable/20761943>.

■ 32

Bspw. der Bildindex von Foto Marburg (<https://www.bildindex.de/>) deckt nur einen Teil der Bestände ab und zeigt online weiterhin einen großen Anteil von digitalisierten Mikroficheaufnahmen anstelle von Digitalisaten der Negative oder Vollformatabzüge.

## Digitale Fachliteratur

Wie alle wissenschaftlichen Disziplinen arbeitet auch die kunsthistorische Forschungspraxis vorwiegend mit Texten: Forschung erfolgt auf der Grundlage von und im Diskurs mit der Fachliteratur. Das digitale Zeitalter hat auf diesem Gebiet allerdings die technischen Möglichkeiten noch bei weitem nicht ausgeschöpft. Im Gegensatz zu der großen Welle der Online-Erschließung von Artefakten und Quellen aus dem Bereich des **cultural heritage** reagiert das digitale Publizieren im wissenschaftlichen Bereich langsamer und zögerlicher auf die Herausforderungen des Internets.

Es waren vor allem Copyright-Streitigkeiten, die eine konsequente Nutzung des Internets für die Bereitstellung wissenschaftlicher Literatur verhinderten. Bei der jüngeren Literatur standen die Verlage im Weg. Aber auch das auf ältere Literatur fokussierte Projekt »Google Books« konnte nicht den erhofften Durchbruch erzielen: Schrifttum, bei dem der Ablauf der Urheberrechte nicht eindeutig feststand, durfte nicht offen zur Verfügung gestellt werden. <sup>33</sup> Für die Quellenliteratur, ältere Grundlagenforschung sowie die älteren Zeitschriften stellt inzwischen **arthistoricum.net** (Fachinformationsdienst Kunst – Fotografie – Design) Digitalisate in enormem Umfang bereit. <sup>34</sup> Aber die laufenden Fachzeitschriften sehen immer noch bei weitem nicht alle die Notwendigkeit einer Online-Verfügbarkeit, und wenn doch, dann oft hinter **Paywalls**, die für Privatpersonen unerschwinglich und nur im Rahmen von subventionierten Institutslizenzen zugänglich sind. <sup>35</sup>

Wie bei den Bilddatenbanken, behindert auch im Bereich der Forschungsliteratur das Fehlen von einfach zu bedienender Standardsoftware, von praktischen Schnittstellen und von standardisierten Austauschformaten die optimale Nutzung des Computers in der digitalen geisteswissenschaftlichen Forschungspraxis. Zwar gibt es inzwischen passabel funktionierende Literaturverwaltungsprogramme (Citavi, Endnote, Zotero) <sup>36</sup>, aber diese setzen meist Abonnements voraus, und die gesammelten Titel und Notizen sind oft nur schwer außerhalb des Programms weiterzuverwenden. Darüber hinaus fehlt es vielfach an der Möglichkeit, bibliographische Daten auszugeben, die den Redaktionsnormen wichtiger Publikationsorgane folgen.

Bei der Literaturrecherche und -beschaffung spielen digitale Bibliothekskataloge (OPACs) die Hauptrolle. Ihre traditionelle Funktion, das Vorhandensein, den Standort und die Signatur bzw. Bestellnummer des gewünschten Buches oder Zeitschriftenbandes zu ermitteln, steht jedoch heute nicht mehr im Vordergrund. Stattdessen hat der im Netz zugängliche OPAC die Aufgabe der Literatursuche übernommen, die früher von gedruckten und eine Zeitlang noch auf CD-Rom oder im Netz veröffentlichten Fachbibliographien (RILA, BHA) erfüllt wurde. <sup>37</sup> Im Gegensatz zu traditionellen Bibliographien erlauben allerdings nur wenige Online-Kataloge (vor allem der KuBiKat <sup>38</sup>) die systematische Suche nach kunsthistorischen Aufsätzen in Periodika, Kongressakten, Ausstellungskatalogen und Sammelschriften, obwohl gerade in diesen Formaten die größere Menge an Fachliteratur publiziert wird.

Zwar ist die Digitalisierung der Bibliothekskataloge seit langem im Gang, die inhaltliche Verschlagwortung erfolgt in OPACs gewöhnlich weiterhin nach Regeln, die im 19. Jahrhundert für linear geordnete Karteikartensysteme erdacht worden sind, also nicht mit vielen, konkreten Schlagwörtern und Verweisen auf

### ■ 33

Das Projekt Google Books muss in vielfacher Hinsicht als gescheitert gelten: Vor allem konnte bei weitem nicht die angestrebte Vollständigkeit erreicht werden und die wissenschaftliche Nutzbarkeit ist wegen restriktiver Zugänglichkeit und mangelnder Zitierbarkeit kaum gegeben. Vgl. auch Jean-Noël Jeanneney: **Googles Herausforderung. Für eine europäische Bibliothek. Mit einem neuen Vorwort des Autors zur dt. Ausg. Nachwort Klaus-Dieter Lehmann. Übers. Sonja Finck, Nathalie Mälzer-Semlinger. Stiftung Preußischer Kulturbesitz. Wagenbach-Verlag, Berlin 2006, Heiner Wittmann: »Google print« und die europäischen Reaktionen. Eine digitale Bibliothek der EU als Antwort? In: Dokumente. Zeitschrift für den deutsch-französischen Dialog H. 4, 2005, 63 ff., Dirk Lewandowski: Die Search Engines erobern die Buchwelt (PDF-Datei; 248 kB). In: Password. Das deutsche Newsletter für Informationsprofis. Hattingen 11/2005, S. 29 ISSN 0930-3693.**

### ■ 34

Heidelberger historische Bestände – digital: <https://www.ub.uni-heidelberg.de/helios/digi/digilit.html>.

### ■ 35

JStor (<https://www.jstor.org/>) und ähnliche Dienste.

### ■ 36

Endnote (<https://endnote.com/>) und Citavi (<https://www.citavi.com>) sind primär als Apps mit unterschiedlich tiefer Integration in die lokalen Textverarbeitungsprogramme, Browser etc. konzipiert. Zotero (<https://www.zotero.org/>) ist ein Online-Service, der mit lokaler App und Datenspeicherung verbunden werden kann.

Personen und Gegenstände, sondern durch Subsumierung unter Oberbegriffe. Die hierarchisch gegliederten Rubriken sind oft so allgemein, dass sie für gezielte thematische Recherchen kaum etwas nutzen. Die meisten Online-Kataloge bieten solche »systematischen« Suchmöglichkeit nach inhaltlichen Kategorien überhaupt nicht an, obwohl dies anhand der vorhandenen Daten leicht realisierbar wäre. Im günstigen Fall gibt es TOCs (Inhaltsverzeichnisse) – gelegentlich maschinenlesbar, meist aber nur als Scan reproduziert. Für neuere Literatur wird eine Suchmöglichkeit im Volltext nur in Einzelfällen angeboten (Open Access-Publikationen). Allerdings weisen gedruckte wissenschaftliche Publikationen auch nur selten normierte, für die Forschung relevante Schlagwörter aus. Personen werden häufiger erfasst als Werke.

Da das »klassische« Bibliographieren kaum noch systematisch angewandt werden kann, wird es auch nicht mehr gelehrt. Obwohl die Suche nach einschlägiger Fachliteratur eine zentrale Rolle im geisteswissenschaftlichen Forschungsprozess spielt, hat das digitale Zeitalter hier paradoxerweise einen deutlichen Rückschritt gebracht. Dieser wirkt sich unmittelbar auf die Qualität der Forschung aus: Bereits jetzt ist feststellbar, dass in vielen wissenschaftlichen Publikationen wesentliche Beiträge zur Forschung nicht erwähnt, geschweige denn zitiert oder gewürdigt werden. <sup>39</sup>

Auch in technischer Hinsicht wird die Forschung durch Bibliothekskataloge nicht ausreichend und oft auch nicht sachgerecht unterstützt. Die Benutzeroberflächen der OPAC-Software bieten die Suchergebnisse nur selten in standardisierter, zitierfähiger Form an. Das erschwert die Übernahme von Titelangaben und Standortsignaturen in den Forschungskontext. Sogenannte Discovery-Systeme, die zunehmend in Gebrauch kommen, erschweren die wissenschaftliche Literatursuche eher, als dass sie sie unterstützen. Sie verwenden »fuzzy« Suchalgorithmen und bieten zusätzliches Material aus anderen Quellen an, das sich oft als nicht einschlägig erweist und zu einer unübersehbaren Treffermenge führt. <sup>40</sup> Standardisierte oder zumindest ausreichend dokumentierte API-Schnittstellen, die eine automatisierte, gezielte Abfrage und anschließende Übernahme bibliographischer Daten ermöglichen, fehlen zumeist. Daher sollte es auch eine Aufgabe der digitalen Kunstgeschichte sein, sich im Bereich Literatursuche für verbesserte, praxisnähere Systeme stark zu machen.

#### ■ 37

Allgemein zur Frage der Literaturschaffung in den Geisteswissenschaften: Sue Stone: Humanities scholars: information needs and uses. *J. Doc.* 38(4), S. 292–313, <https://doi.org/10.1108/eb026734>; Stephen E. Wiberley Jr., William G. Jones: Patterns of information seeking in the humanities. *Coll. Res. Libr.* 50(6). S. 638–645, [https://doi.org/10.5860/crl\\_50\\_06\\_638](https://doi.org/10.5860/crl_50_06_638); Stephen E. Wiberley Jr.: Humanities Literatures and Their Users. *Encyclopedia of Library and Information Sciences, Third Edition*, 1:1, S. 2197–2204, <https://hdl.handle.net/10027/7012>.

#### ■ 38

Ein kritischer Überblick zum Publikationswesen im Fach Kunstgeschichte bei Grave 2021.

#### ■ 39

Weitere Gründe sind die wachsende, kaum noch zu überblickende Fülle an Fachliteratur und die abnehmende Bereitschaft (besonders der angelsächsischen Wissenschaft), fremdsprachige Beiträge zur Kenntnis zu nehmen. Beide Defizite könnten mit Unterstützung des Computers verbessert werden.

#### ■ 40

Indem hier intransparente Suchmaschinentechologie benutzt wird und auch der Umfang des durchsuchten Bestands nicht immer ersichtlich ist, ist das Discovery-Konzept – gerade auch für Studierende – eher kritisch zu betrachten. Zur Geschichte des Einsatzes von Discovery-Systemen in wissenschaftlichen Bibliotheken siehe Anne Christensen, Matthias Finck: »Discovery-Systeme: Eine Analyse ihrer Geschichte und Gegenwart mit dem Hype-Zyklus« *Bibliothek Forschung und Praxis*, vol. 45, no. 3, 2021, S. 497–508, <https://doi.org/10.1515/bfp-2021-0039>.

## Digitales Publizieren

Das letztendliche Ziel jeder praktischen Forschungstätigkeit ist die wissenschaftliche Publikation. Bei den technischen Produktionsbedingungen für wissenschaftliche Literatur in digitaler Form gibt es jedoch – trotz dynamischer Entwicklungen in jüngerer Zeit – noch immer erhebliche Einschränkungen. <sup>41</sup> Wenn heutzutage digital publiziert wird, ist die beliebteste Erstellungsform für das Endprodukt die PDF-Datei. Das für die Druckausgabe auf Papier optimierte Format wird vorzugsweise gewählt, weil es Seitenzahlen, Fußnoten, eingebettete Bilder, Bibliographie-Listen und Sachregister kennt und überhaupt in fast jeder Hinsicht das gedruckte Buch visuell nachbildet.

PDFs erfüllen viele Anforderungen der praktischen digitalen Forschungstätigkeit: Sie können mit speziellen Leseprogrammen durchsucht, mit Lesezeichen versehen und sogar von Google und anderen Suchmaschinen automatisch indexiert werden. Gleichwohl lässt die Bedien- und Lesbarkeit nicht selten zu wünschen übrig. Nur selten wird der Mehrwert, den das digitale Format bringen könnte, genutzt: Klickbare Links, die Leser\*innen rasch zu Belegstellen, zu Referenz-Webseiten, zu Quelleneditionen oder Online-Ausgaben der zitierten Literatur führen könnten, fehlen meistens oder sind aus Sicherheitsgründen erschwert. <sup>42</sup> Zudem muss man die Leseumgebung verlassen, wenn man einem Link folgt.

Bei einer PDF-Publikation fehlt in der Regel eine intelligente – vielleicht sogar unter Beteiligung der Verfasser\*innen erstellte – Verschlagwortung, die von Bibliothekskatalogen oder anderen Erschließungsmechanismen automatisch übernommen und weiterverwendet werden könnte. Ähnlich verhält es sich mit dem Abbildungsapparat. Anstatt öffentlich verfügbare Referenzabbildungen und die zugehörigen Normdatensätze zu nutzen, die auf einheitliche, vielleicht gar standardisierte Weise verlinkt werden könnten, werden die gleichen Werke wieder und wieder reproduziert. Das kostet Autor\*innen nicht selten erheblichen Aufwand bei der Rechtlärung und beträchtliche Gebühren; <sup>43</sup> trotzdem erscheint das abgebildete Werk – eine Einschränkung des Buches – nur im Kontext der Publikation, während abgesehen von Bildunterschrift und Bildnachweis jegliche genuine Hintergrundinformation fehlt. <sup>44</sup> Leser\*innen können aus dem Textzusammenhang nicht direkt in den Werkkontext wechseln, um »sich selber ein Bild zu machen«. Im digitalen Raum könnte die Informationsrichtung sogar zusätzlich umgekehrt werden: Im Kontext des Werkes könnten zum Beispiel alle digitalen Publikationen, die an irgendeiner Stelle den Gegenstand besprechen, automatisiert zusammengestellt und als klickbare Links angeboten werden. Standards, Schnittstellen und Services für eine solche Funktionalität existieren bisher leider nur theoretisch.

### ■ 41

Hierzu zuletzt Maria Effinger, Frank Krabbes: *Making-of: Die »Zukunft des kunsthistorischen Publizierens« als Experimentierfeld*, in: Effinger, Maria und Kohle, Hubertus (Hg.): *Die Zukunft des kunsthistorischen Publizierens*, Heidelberg: arthistoricum.net, 2021, S. 171–188, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.663.c10517>. Die im Folgenden genannten Probleme werden verschiedentlich diskutiert und bearbeitet, insbesondere im Kontext des FID arthistoricum und der NFDI. Gleichwohl halten wir es für richtig, grundlegende Desiderate pointiert zu benennen.

### ■ 42

Der Umstand, dass es sich bei pdf um ein plattformübergreifendes Format handelt und dass die innere Struktur des Dokuments kaum erkennbar ist, ließen pdfs zu einem bevorzugten Format für Cyberkriminalität werden.

### ■ 43

Grischka Petri: *Kunsthistorische Publikationen und Bildrechte zwischen dem BGH-Urteil zu Museumsfotos (2018) und der Umsetzung der Richtlinie (EU) 2019/790*, in: Effinger et al. 2021, S. 65–77, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.663.c10510>.

### ■ 44

Mit medialen Aspekten der stets wiederholten bildlichen Reproduktion gleicher Werke beschäftigt sich Werner Schweibenz: *Der Yellow-Milkmaid-Effekt und das digitale Double – Zur Wirkmächtigkeit digitaler Bilder*, in: *Computing Art Reader*, Heidelberg 2018, S. 219–234.

Technisch gesehen wäre eine auf dem Internet und seinen Technologien basierende, für die gesamten Geisteswissenschaften einheitlich aufgebaute Infrastruktur für das wissenschaftliche Publizieren, die Gegenstände und Forschungsliteratur miteinander verknüpft, durchaus denk- und realisierbar. <sup>45</sup> Es sind Probleme organisatorischer und rechtlicher Art, gelegentlich auch die mit dem Begriff »Fachkultur« verbrämte Trägheit der mentalen Umstellung, die einer Umsetzung entgegenstehen. Mit [arthistoricum.net](https://www.arthistoricum.net) steht dem Fach inzwischen eine Einrichtung zur Seite, in der für die genannten Herausforderungen und Desiderate zunehmend Lösungen entwickelt werden – nicht zuletzt erscheint hier auch dieser Text. <sup>46</sup> Die Praxis der Forschung würde damit auf eine wesentlich effizientere Basis gestellt.

■ 45

Zur Frage eines geisteswissenschaftlichen »Citation Index« bzw. eines generischen Referenzsystems:

Ardanuy, J.: Sixty years of citation analysis studies in the humanities (1951–2010). *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.* 64(8), 1751–1755 (2013), <https://doi.org/10.1002/asi.22835>;

G. Colavizza, S. Peroni, & M. Romanello, The case for the Humanities Citation Index (HuCI): a citation index by the humanities, for the humanities. *International Journal on Digital Libraries* (2022), <https://doi.org/10.1007/s00799-022-00327-0>;

Martin Raspe: »Perspektiven der Forschung - PDF? Digitale Bildwissenschaft zwischen gestern und morgen«, Vortrag auf dem Panel »Bedrohte Besitzstände, verlorene Werte? Die Geisteswissenschaft von der Kunst und die neuen digitalen Verfahren« auf der DHd2014; Abstract zum Vortrag, <https://zenodo.org/record/4623524#.Y2eFnuSZMuU>;

Folien zum Vortrag (<https://www.digitale-kunstgeschichte.de/w/images/0/01/Raspe-PerspektivenDerForschung-PDF.pdf>)

und Martin Raspe: »Wer hats gesagt? Metadata und überprüfbares Wissen im kunsthistorischen Datenmodell«, Vortrag auf dem Panel »Arthistory's next topmodel« auf der DHd2016, Abstract zum Vortrag (Book of Abstracts zur Konferenz Digital Humanities im deutschsprachigen Raum 2016), <https://zenodo.org/record/4645230#.Y2eEh-SZMuU>.

■ 46

Vgl. <https://www.arthistoricum.net/publizieren>. Die verschiedenen Publikationsformate orientieren sich grundsätzlich an analogen Formaten (Buch, Zeitschriftenaufsatz), bieten aber inzwischen auch die Integration von Forschungsdaten (Effinger, Krabbes 2021).

# Ordnen mit Worten: Kunst im Datenmodell

## Die Datenbank als Forschungsinstrument

Während die Computernutzung in der kunsthistorischen Forschungspraxis anfangs auf die Literatursuche und die Erstellung von wissenschaftlichen Texten fokussiert war, weitete sie sich mehr und mehr in Richtung auf die Sammlung und Verwaltung von Material und dazugehörigen Informationen aus. Mit der zunehmenden Digitalisierung von Sammlungsbeständen und ihrer Bereitstellung im Internet verwandelte sich der Computer vom reinen Schreibgerät zum Recherche- und Studieninstrument.

Das Sammeln von Material, das im weiteren Verlauf geprüft, verglichen, bewertet, einsortiert oder ausgesondert wird, ist essentieller Bestandteil des wissenschaftlichen Arbeitens. Traditionell werden dafür Hilfsmittel wie Notizheft, Karteikasten, Fotoarchiv oder Objektsammlung verwendet. Bevor digitale Fotografien und Scans aufkamen, ging es darum, mit Hilfe des Computers größere Mengen an schriftlichen Informationen zusammenzutragen, zu speichern und selektiv wieder abzurufen. Für diese Erfordernisse sind Datenbanken das Mittel der Wahl. Durch die Übertragung der bisher manuell ausgeführten Vorgänge ins elektronische Medium werden diese vor allem beschleunigt: Es kann mehr Inhalt erfasst und dieser flexibler organisiert werden. <sup>47</sup>

Grundidee ist dabei, einen unüberschaubaren Bestand an Informationen in strukturell möglichst homogene Form zu bringen, um darin suchen zu können – Beispiel Karteikarte. In vielen Datenbanksystemen werden die Einträge in Tabellen erfasst. Die zusammengehörigen Informationen sind auf Spalten (Felder) verteilt; gleichartige Datensätze werden in Zeilen organisiert – Beispiel Telefonbuch. Erst nach einer derartigen Strukturierung kann der Bestand nach den gewünschten Suchkriterien elektronisch indexiert werden, um rasch die relevanten Einträge zu finden.

Die Kernfunktion einer geisteswissenschaftlichen Datenbank besteht in der Auswahl der intellektuellen Kriterien, anhand derer Daten und Fakten aufbereitet und zusammengestellt werden. Die verwendete Software ist austauschbar; entscheidend für die Nutzbarkeit ist die Art und Weise, wie die Informationen inhaltlich organisiert und formal strukturiert sind. Die für die Strukturierung der Inhalte aufgestellten Regeln bilden das sogenannte **Datenmodell**. <sup>48</sup>

Auch wenn es banal klingt, muss konstatiert werden: Eine Datenbank kann nur das wieder ausgeben, was zuvor in ihr gespeichert wurde. Umfassende Antworten auf Forschungsfragen gibt sie nicht, auch wenn das bisweilen die Erwartung ist. Ein Datenbanksystem bringt nicht auf geheimnisvollem, technischem Wege neue Erkenntnisse hervor, sondern unterstützt lediglich die forschende Person. Diese muss die Organisation der Daten vorgeben, die Abfragen planen und die zu erwartenden Ergebnisse vorhersehen. Die Datenbank bietet bei der Ausgabe – durch Zusammenführung, Auswahl und Neuordnung – lediglich einen neuen Blickwinkel auf bereits bekannte Informationen.

Eine wesentliche Einschränkung für die kunsthistorische Forschungspraxis ist dabei festzuhalten: Datenbanken kennen keine visuelle Indexierung und keine »Bildabfragesprache« – sie können nur solche Inhalte wiederfinden, die in Schriftzeichen kodiert sind, also in Worten. Prinzipiell entspricht die Abfrage eines digitalen Datenbestandes der Suche in einem analogen Zettelkasten: Sie

### ■ 47

Vgl. zu Funktion und Charakteristika von Datenbanken in der Kunstgeschichte: Wübbena 2018.

### ■ 48

Fotis Jannidis: Grundlagen der Datenmodellierung, in: Fotis Jannidis, Hubertus Kohle, Malte Rehbein: *Digital Humanities. Eine Einführung*. Stuttgart 2017, S. 99–108, [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-476-05446-3\\_7.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-476-05446-3_7.pdf).

dient nicht dazu, Neues zu entdecken, sondern Altbekanntes schnell wieder hervorzuholen und es – je nach Abfrage – in neuer Weise zusammenzustellen, um es in einem neuen Kontext zu verwenden. Die Intelligenz steckt nicht in den einzelnen Zetteln, sondern in ihrer sinnfälligen Anordnung.

Das entspricht durchaus der gängigen Praxis: Auch geisteswissenschaftliche Forschungsfragen gehen oft von bereits bekannten Informationen aus. Es ist sogar eine typische Vorgehensweise, dass altbekanntes Material erneut hervorgeholt, betrachtet, reflektiert, in neue Kontexte gestellt und neu interpretiert wird. <sup>49</sup> Entscheidend für die Nutzbarkeit ist die Verlässlichkeit und Transparenz der Suchergebnisse: Eine generische, unbeeinflussbare **black box**, die aufgrund undurchschaubarer Algorithmen Ergebnisse produziert, die nicht verifizierbar sind, ist aus wissenschaftlicher Sicht nicht produktiv. Vielmehr sollte das System, ähnlich wie Inhaltsverzeichnisse oder Register in Büchern, den Forschenden von vornherein kenntlich machen, wonach gesucht werden kann, und sicherstellen, dass sämtliche relevante Inhalte gefunden werden.

### Der digitale Katalog: Gespeichertes Wissen

Museen, Archive, Denkmalämter und Bibliotheken haben schon früh Datenbanksoftware zur Erleichterung und Beschleunigung ihrer Arbeit eingesetzt. Die entstandenen Datenbanken dienten primär der Verwaltung organisatorischer Informationen, nicht den Bedürfnissen der Forschung. Die Hauptaufgabe bestand in der Überführung von handgeschriebenen Inventaren, Findbüchern, Karteien, Denkmallisten und Katalogen in digitale Formate. Das Vorgehen orientierte sich an dem auf Papier geschriebenen Vorbild, dessen Funktionalität es ersetzen bzw. beschleunigen sollte. Es entstand ein neues Genre: der digitale Katalog.

Anfangs wurden digitale Kataloge nicht online zugänglich gemacht. Im Kontext wissenschaftlicher Forschung wurden sie daher nur selten genutzt. Eine neue Dimension erhält der digitale Katalog erst dann, wenn er über das Internet allgemein konsultierbar gemacht wird.

Kataloge verweisen in der Regel auf realweltliche Dinge, in unserem Fall kulturhistorische Artefakte wie Baudenkmäler, Kunstwerke, Quellendokumente, Bücher oder Manuskripte. Diese werden durch Datensätze identifiziert und im digitalen Raum in abstrahierter Form repräsentiert. Wie zuvor der Aktenschrank gefüllt war mit Dossiers, beherbergt nun der digitale Behälter die schriftlichen und visuellen Informationen, die das Realobjekt repräsentieren. Die kategorisierenden Angaben sind meist ziemlich gleichförmig; inhaltlich variieren sie oft recht wenig, Wiederholungen sind an der Tagesordnung. Katalogdaten eignen sich vorzüglich für die Speicherung in tabellarischen Datenbanksystemen.

Dabei ist ein Unterschied zum Karteikasten wesentlich: Die Ordnung der Datensätze wird nicht mehr wie in der Kartei durch manuelles Einsortieren hergestellt, sondern entsteht erst bei der Abfrage durch die Anwendung von Sortieralgorithmen. Das bringt enorme Vorteile, denn die Datensätze können nun bei der Ausgabe nach unterschiedlichen Kriterien (Feldern) angeordnet und kombiniert werden. Es hat aber auch Konsequenzen, die beim Zettelkasten nicht berücksichtigt werden mussten: Die Inhalte der Felder müssen so ausgefüllt werden, dass der Sortieralgorithmus die Datensätze in der erwünschten Reihenfolge ausgibt. Das Suchen erfolgt nun nicht mehr linear, entlang der Reihenfolge der Karteikarten, sondern mit Hilfe von Indizes, in denen die Inhalte aller zu

#### ■ 49

Die Vorstellung, dass der erste und grundlegende Schritt beim computer-gestützten Forschen in der Kunstgeschichte das »Suchen« unbekannter Inhalte sei, trifft in der Regel nicht zu. Kohle 2013 stellt es so dar, als beginne kunsthistorische Forschung üblicherweise damit, dass Artefakte anhand vorgegebener Fragestellungen aus einem vorhandenen, quasi endlosen Informationspool (dem Internet) »herausgefischt« werden. Dass Forschung in der Praxis meist von bekannten Gegenständen, Sachverhalten und Zusammenhängen ausgeht, bleibt weitgehend unberücksichtigt.

durchsuchenden Felder verzeichnet sind. Eine erfolgreiche Suche hängt nun nicht mehr davon ab, ob die Karteikarte an der richtigen Stelle einsortiert wurde, sondern davon, dass die Datensatz-Felder inhaltlich einheitlich und formal korrekt ausgefüllt wurden. Viele der Bedenken, die Geisteswissenschaftler\*innen beim Einsatz des Computers haben, liegen darin begründet, dass die Angaben den formalen Anforderungen zuliebe »manipuliert« werden müssen, wodurch sie unzulässig vereinfacht oder überpräzise werden.

### **Metadata: Schlagwort oder Forschungsgegenstand?**

Die Inhalte des digitalen Datensatzes beschreiben in der Regel ein reales Bezugsobjekt, etwa ein Kunst- oder Bauwerk. Landläufig werden diese Angaben gern als **Metadata** bezeichnet. Im engeren Sinn ist dies nicht korrekt: In der Informatik wird der Begriff nämlich nicht für Informationen zu einem realen Gegenstand verwendet, sondern bezeichnet »Daten über Daten«, also Angaben zu einem digitalen Objekt – etwa einem digitalisierten Text oder einem Digitalbild. »Echte« Metadaten geben Auskunft über die Herstellung und die Eigenschaften eines digitalen Datensatzes (Personen, Zeiten, administrative Zuordnung, technische Einstellungen etc.). <sup>50</sup>

Aus Sicht der kunsthistorischen Forschung ist daher ein kritisches Verständnis von »Metadaten« und ihrer Rolle notwendig. Sofern es nur um technische Angaben oder einfache Kategorisierungen zur raschen Identifizierung und zur leichten Auffindbarkeit bspw. von Mediendateien geht, ist die Bezeichnung sinnvoll. Bei einer kuratierten Datenbank zu Kunstwerken ist das anders. Hier haben die Datensätze eine profundere Qualität für die Forschung: Sie repräsentieren die eigentlichen Forschungsinhalte. Wissenschaftlich katalogisierte Merkmale wie Technik, Material, dargestellter Bildgegenstand, Auftraggeber, Künstler und so weiter stehen oft – insbesondere dann, wenn zusätzlich auch Herkunft und Datierung solcher Informationen festgehalten wird – im Mittelpunkt des kunsthistorischen Forschungsinteresses. Der Nutzen für die Forschung hängt direkt von der Verfügbarkeit, Verlässlichkeit und Überprüfbarkeit dieser Information ab.

Derartige »Basisdaten« verfügen im besten Falle über vertrauenswürdige Autorität: Sie repräsentieren das, was die Forschung über einen Gegenstand weiß. Man kann also sagen: Die Forschung verwendet beschreibende Angaben über ein Kunstwerk als kunsthistorisches Wissen, nicht nur als Metadaten, die lediglich zum schnelleren Wiederfinden von Objekten dienen. <sup>51</sup>

Für die kunsthistorische Forschung – so die hier bereits vorweggenommene These – ist nicht in erster Linie die Verfügbarkeit und Verarbeitbarkeit digitaler Abbildungen ihrer Forschungsgegenstände wesentlich. Von entscheidender Bedeutung sind die inhaltliche Qualität und logische Verknüpfung von Datensätzen, die sich auf Kunstwerke beziehen.

### **Das Digitalbild als gespeicherter Sinneseindruck**

Kunstwerke und vergleichbare Objekte werden in Datenbanken freilich nicht nur durch formalisierte Beschreibungen und Verknüpfung mit weiteren Informationen repräsentiert. Es gibt Eigenschaften, die nur sensorisch erfasst werden können. Auch Sinneseindrücke können inzwischen mit digitalen Verfahren dokumentiert und gespeichert werden: visuell, raumbezogen, akustisch, sogar in Kombination mehrerer dieser Aspekte. Insbesondere das seit fast zweihun-

#### ■ 50

Metadata-Definition: <https://de.wikipedia.org/wiki/Metadaten>.

#### ■ 51

Diesem Umstand entsprechen auch neuere Datenmodelle, die die Informationen sowohl multiperspektivisch auffassen, als auch den Ausdruck von Zweifel und Unsicherheit zulassen sowie die betreffenden Aussagen mit Quellen und Autorschaft belegen können (vgl. Raspe, Schelbert 2019 und Thorsten Wübbena: Von Warburg zu Wikidata – Vernetzung und Interoperabilität kunsthistorischer Datenbanksysteme am Beispiel von ConedaKOR, in: Canan Hastik und Philipp Hegel (Hg.): Bilddaten in den Digitalen Geistes- und Kulturwissenschaften (Episteme in Bewegung. Beiträge zu einer transdisziplinären Wissensgeschichte. Wiesbaden 2020, S. 133–148, <https://doi.org/10.13173/9783447114608>).

dert Jahren wichtigste Verfahren zur Erfassung von Sinneseindrücken, die mechanisch-chemische Fotografie, fand Eingang in das digitale Format. <sup>52</sup>

Die elektronische Repräsentation eines kulturhistorischen Objekts *par excellence*, das Digitalfoto, eignet sich allerdings grundsätzlich schlecht zur Ablage in einer Datenverwaltung. Und dies nicht nur aus technischen Gründen: Auch inhaltlich ist sein Charakter ambivalent. Zum einen stellt das Digitalbild ein objektiviertes, quantifiziertes, optisch-räumliches »Messergebnis« dar, das von einem technischen Instrument erzeugt wird und sich in einer Menge digital gespeicherter »Pixel« manifestiert. Zum anderen steht es immer in einer gewissen, oft nicht genau einschätzbaren Distanz zum Gegenstand selbst. Dies betrifft zum Beispiel den Aufnahmezeitpunkt, zu dem der Erhaltungszustand des Objekts möglicherweise anders war als heute, oder den Blickwinkel, oder die Ausleuchtung, oder den im Bild nebenbei noch sichtbaren Kontext – ganz abgesehen davon, dass in den Kameras immer mehr künstliche Intelligenz zur Bildoptimierung eingesetzt wird, die das Konzept der Abbildung weitgehend untergräbt. Aber selbst unter Voraussetzung einer scheinbar »wissenschaftlichen« Objektivität kann das digitale Bild niemals vollständig für den abgebildeten Gegenstand eintreten, und seine Pixel verraten nur in sehr begrenztem Umfang etwas über das Objekt selbst. Vor allem fehlt das mit dem Objekt verbundene Wissen.

Die technischen Anforderungen für den Umgang mit Bilddaten sind ungleich höher als bei alphanumerischen Zeichenketten. Der mit zunehmender Bildqualität immer weiter wachsende, oft stark schwankende Speicherbedarf, die wenig standardisierten und schwierig auslesbaren Kamerainformationen und die vollkommen fehlende inhaltliche Verständlichkeit der Pixeldaten erfordern spezielle Software zur Anzeige, Verwaltung und Suche. Das ist bis heute ein wesentliches Handicap, das die digitale Kunstgeschichte – wie alle kulturgeschichtlichen Objektwissenschaften – gegenüber den Textwissenschaften benachteiligt.

### **Wissenschaftliche Objekterfassung**

Bilddatenbanken, die digitale Fotos und »Metadaten« gemeinsam verwalten, gehören zu den ersten digitalen Infrastrukturen im Fach Kunstgeschichte in Deutschland. Allerdings sind auch heute noch längst nicht alle Probleme in diesem Bereich bewältigt. Das liegt unter anderem daran, dass die Systeme zu einer Zeit konzipiert wurden, als die »Spätfolgen« mancher Design-Entscheidungen noch nicht absehbar waren.

Die technische Umsetzbarkeit offener, flexibler Repositorien lag noch in weiter Ferne. Die standardisierte Abfragesprache SQL wurde in kommerziellen Produkten erst gegen Ende der 1980er Jahre verfügbar; Dyabola, die vormalige Datenbank-Engine des Census, besaß beispielsweise noch keine Möglichkeit, bei der Abfrage Tabellen miteinander über Schlüsselfelder zu verknüpfen, also über *joins* abzufragen. Für kombinierte Suchen mussten zunächst von Hand Einzelabfragen durchgeführt und anschließend durch logische Operationen die Schnittmenge der Ergebnisse gebildet werden. <sup>53</sup>

Die offenkundigen Unzulänglichkeiten waren nur eine der Ursachen, warum Datenbank-Projekte kritisch gesehen wurden. Ein ebenso schwerwiegender Grund war, dass derartige Vorhaben mit wissenschaftlichen Corpus-Werken verglichen wurden: Diese sind im Idealfall irgendwann vollständig abgeschlossen, erblicken gedruckt das Licht der Öffentlichkeit und werden als »fertiges Produkt«

#### ■ 52

Zur Rolle der Fotografie für die Kunstgeschichte, mit weiterer Literatur, vgl. Costanza Caraffa (Hg.): *Fotografie als Instrument und Medium der Kunstgeschichte*. Berlin, München 2009, Einleitung.

#### ■ 53

Dyabola, ab 2001 eingesetzt, stellte die jeweilige Schriftquelle in den Mittelpunkt und war damit durchaus forschungsorientiert (URL: <http://www.dyabola.de/en/concept/concept.htm>).

erachtet. Verlangsamte oder ergebnisoffene Datenbankprojekte galten infolgedessen lange als unvollendet liegendegebliebene »Ruinen«. Diese Sichtweise hat sich mittlerweile überlebt. Sie wurde abgelöst durch die Vorstellung einer unbegrenzten, offenen Welt – **open world** –, in der auch das (noch) Unbekannte oder noch Unerschlossene implizit mitgedacht ist. Idealerweise ist eine Datenbank über das Netz funktionslos in diese Welt eingebunden.

Ein weiteres Problem liegt in der Frage, in welchem Verhältnis Bild- und Textdaten zueinander stehen. Wo liegt der Schwerpunkt einer kunsthistorischen Datenbank: In der bequemen Bereitstellung des digitalen Bildes oder in der zuverlässigen Speicherung des zum Gegenstand gehörenden kunsthistorischen Wissens? Diese beiden Ansätze, die in der Bilddatenbank aufeinander treffen, werden gern gegeneinander ausgespielt. Das liegt unter anderem daran, dass die Nutzungsszenarien verschieden sind. Ist die Bilddatenbank primär eine sachgerechte Objektdokumentation, die außerdem Anschauungsmaterial enthält, oder ist sie ein Bildarchiv, das durch Metadaten erschlossen wird?

Gerade das reine Bildarchiv steht vor großen Herausforderungen durch das Aufkommen neuer Technologien. Werden digitale Aufnahmen bald mit Methoden der **artificial intelligence** oder des **machine learning** nach formalen Kriterien (oder sogar nach inhaltlichen?) suchbar und analysierbar sein? Wird man sich bei der Bildersuche auch in Zukunft noch auf textliche Metadaten verlassen müssen? Oder kann man irgendwann auf manuelle Katalogisierung ganz verzichten?

Die Dichotomie von Bildern und Daten zeigt sich bereits im System HIDA-MIDAS des Bildarchivs Foto Marburg (Deutsches Dokumentationszentrum für Kunstgeschichte), das wir hier als ein erstes Beispiel für den Versuch einer universellen Erfassung von Kunstwerken bzw. materiellen Kulturgütern anführen. Dabei handelt es sich um die digitale Umsetzung eines schon in den 1970er Jahren von Lutz Heusinger konzipierten Ordnungssystems zur Aufnahme von Inventardaten zur Kunst in Deutschland. <sup>54</sup> Die Datenbank-Software HIDA wurde von 1984 an entwickelt, parallel dazu entstand das Regelwerk – heute würde man sagen: das »Datenmodell« – MIDAS, das die Struktur der zu erfassenden Inhalte formal und semantisch festlegte. <sup>55</sup>

Diese Struktur war in mehrfacher Hinsicht innovativ: Sie schrieb überall dort die Verwendung von kontrollierten Vokabularen (sog. Thesauri) vor, wo sich diese im Fach bereits etabliert hatten, etwa im Bereich der Ikonographie (Iconclass <sup>56</sup>) und der Künstlernamen (Allgemeines Künstler-Lexikon <sup>57</sup>). Des Weiteren verwendet sie eine baumartige Hierarchisierung der Datenbank-Felder (im System »Aspekte« genannt), die als gruppier- und wiederholbar definiert werden können und so eine flexiblere Aggregation von Inhalten erlaubt, als es ein einfaches Tabellenformular bieten würde. Strukturell entspricht das Datenformat ziemlich genau dem erst 1998 eingeführten Standard XML, das aus einem Verfahren zur Auszeichnung von Texten hervorgegangen ist, seither aber zunehmend auch zur Strukturierung von Daten verwendet wird. <sup>58</sup>

Obwohl sich HIDA-MIDAS als Dokumentationssystem durchaus verbreitet hat, noch heute in Gebrauch ist und im Rahmen des DISKUS-Verbundes eine reiche Fülle von kunsthistorischem Datenmaterial bereithält, ist es als digitale Infrastruktur für die Forschung hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Das liegt zum einen daran, dass ein derart komplexes Datenmodell softwaretechnisch mit den damaligen Mitteln kaum zu bewältigen war. Daten konnten zwar einge-

■ 54

Laupichler 2015.

■ 55

Lutz Heusinger, *Marburger Informations-, Dokumentations- und Administrationssystem (MIDAS)*, 3. Auflage, München 1993. HIDA, der Hierarchische Daten Administrator, wurde von der Firma startext in Bonn entwickelt.

■ 56

Van de Waal, Henri: *ICONCLASS. An Iconographic Classification System*, 17 Bde., Amsterdam 1973–1985, <http://www.iconclass.nl/home>.

■ 57

Das AKL (jetzt Artists of the World) wurde als Nachfolge-Publikation zum Thieme-Becker-Künstlerlexikon als Forschungsprojekt der DDR begonnen. Nach 1990 wurde es vom Saur-Verlag München fortgeführt, der 2006 vom Walter de Gruyter-Verlag übernommen wurde und eine kostenpflichtige Online-Version anbietet: <https://www.degruyter.com/view/db/akl>.

■ 58

XML ist ein rein textbasiertes Format, das aus Textauszeichnungssprachen wie SGML entwickelt wurde. Die Stärke des XML-Formats liegt in der Manifestation hierarchisch strukturierter Dokumente; netzförmige Strukturen sind damit nur schwer abbildbar, vgl. <https://www.w3.org/XML/>.

geben werden, die Möglichkeiten zur Abfrage und Nutzung der Daten blieben jedoch lange Zeit sehr reduziert. Erst mit neueren Versionen der HIDA-Software und mit der Anbindung an das Internet verbesserte sich die Lage. <sup>59</sup>

Auch das Datenmodell hat aus heutiger Sicht Schwächen. Die hierarchische Anlage und die recht große Freiheit bei der Organisation führt zu potentiell endlos gestaffelten Datensätzen, die schwierig zu indexieren und abzufragen sind, und zu inhaltlichen Inkonsistenzen. Besonders problematisch ist die Einbindung der Bilder: Die grundlegende Zentrierung auf das kunsthistorische Objekt verhindert, dass Digitalfotos separat erfasst und mit mehreren Objekten verknüpft werden können. Dadurch sind die Fotos fast untrennbar mit den Objekten vereinigt, was ihre praktische Verwaltung stark erschwert: Redundanzen sind nahezu unvermeidlich. Eine Weiternutzung der Daten ist nicht nur aus technischen, sondern auch aus strukturellen Gründen mit Hürden verbunden. <sup>60</sup>

Gerade diese Weiternutzung wollte – um einen großen zeitlichen Sprung zu machen – das von einer internationalen Gruppe seit den späten 1990er Jahren entwickelte und seit 2006 als ISO-Standard etablierte Datenmodell CIDOC-CRM (Conceptual Reference Model) ermöglichen. Für eine nunmehr tatsächlich globale Anwendung in den Kulturwissenschaften konzipiert, setzte dieses Modell in vieler Hinsicht völlig neue Maßstäbe. Weiterhin ausgehend von dem Primärziel einer inhaltlichen Erfassung und Beschreibung von Kulturgut, also gegenständlichen Objekten, basiert es auf dem Konzept von Entitäten und Relationen anstatt von Tabellen und Feldern <sup>61</sup>, die – kodiert mit einem Buchstaben-Nummern-System – zudem nicht mehr an eine einzige natürliche Sprache gebunden sind.

Bei CIDOC-CRM handelt es sich nicht um ein Datenbank-System – die vollständige Implementation eines derart komplexen Datengerüsts würde sich auch heute noch schwierig gestalten <sup>62</sup> –, sondern um die abstrakte, semantische Definition einer formalen Inhaltsstruktur, eine »Ontologie«. Die Struktur gliedert sich in Klassen von Entitäten (Gegenstandsbereiche, inhaltliche Konzepte), deren mögliche Beziehungen untereinander durch »Properties« (Beziehungen, Relationen) geregelt sind. Anfangs standen die Bedürfnisse der Objektkatalogisierung im Bereich *cultural heritage* im Mittelpunkt, nicht die Unterstützung einer Vielfalt von möglichen Forschungsinteressen: Daher wird das CRM fortlaufend um zusätzliche Wissensbereiche erweitert, die es in der Wissenschaft für jeweils spezifische Zwecke anwendbar machen sollen. <sup>63</sup> Festzuhalten ist zugleich, dass auch dieses Konzept vollständig auf Begrifflichkeiten und damit letztlich auf Sprachkonzepten beruht.

Implementierungen von CIDOC-CRM, wie zum Beispiel die Arbeitsplattformen WissKI und ResearchSpace, stellen dementsprechend die sprachliche Kategorisierung der Gegenstände in den Mittelpunkt, während digitale Bilddaten optionale Ergänzungen sind (die ihrerseits als Medienobjekte beschrieben werden). Der universelle und zugleich stark konzeptionalisierte Ansatz von CRM bringt freilich mit sich, dass Implementierungen wie die genannten für kleinere oder individuelle Forschungsprojekte zu aufwändig sind, auch wenn etwa WissKI inzwischen in das Angebot von [arthistoricum.net](http://arthistoricum.net) aufgenommen wurde. <sup>64</sup>

#### ■ 59

Internet-Fähigkeit seit Version HIDA 4. Das seit einigen Jahren bei den meisten Partnern im Marburger Verbund eingesetzte APS 2.0 der Firma Stegmann Systems arbeitet sowohl internet- als auch browserbasiert.

#### ■ 60

Durch Migration auf die APS-Datenbank-Software der Fa. Stegmann Systems, den die meisten Partner im Bildindex-Verbund vollzogen haben, konnte dieser Umstand weitgehend behoben werden.

#### ■ 61

Zu Konzeption und Geschichte von CIDOC-CRM siehe Martin Doerr, »The CIDOC CRM, an Ontological Approach to Schema Heterogeneity«, in: Dagstuhl Seminar Proceedings 04391, Semantic Interoperability and Integration, 2005, <http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2005/35>.

#### ■ 62

Bis heute gibt es nur wenige Implementierungen, die einen nennenswerten Teil des CRM ausschöpfen. Zu nennen sind diesbezüglich vor allem die Anwendungen der an der FAU Erlangen entwickelten WissKI-Datenbank (Erlangen CRM/OWL, URL: <https://wiss-ki.eu/>) und des u. a. für den Sammlungskatalog des British Museum eingesetzten ResearchSpace-Systems (URL: <https://www.researchspace.com/>).

#### ■ 63

Beispiele sind FRBRoo (Functional Requirements for Bibliographic Records, object oriented) oder CRMarcheo.

#### ■ 64

<https://www.arthistoricum.net/netzwerke/wisski>; problematisch ist außerdem die Integration von WissKI in das Content Management System »Drupal«; vgl. <https://medium.com/@maximetopolov/drupal-is-dying-6129b4bd3d22>.

## Infrastrukturen für die Forschung: Vom Zettelkasten zur digitalen Werkbank

Stärker forschungsgetriebene Projekte zeichnen sich durch das Bestreben aus, Wort und Bild enger zu verknüpfen und außerdem Quellengrundlagen und Forschungsstand angemessen zu dokumentieren.

Am Anfang steht hier wohl der »Census of Antique Works of Art and Architecture known in the Renaissance«, eine Dokumentation zum Nachleben der Antike in der Renaissance, deren Ursprünge bereits in einem in den 1940er Jahren angelegten Zettelkasten lagen und die seit 1984 unter der Leitung von Arnold Nesselrath in eine elektronische Form überführt wurde. <sup>65</sup> Digitale Bilder konnten damals aus technischen Gründen nur in einem völlig separierten System, das mit Bildplatten arbeitete, hinzugenommen werden. Inzwischen sind die Bilder längst in das System integriert, doch das Datenmodell bleibt weitgehend auf die Objekte selbst zugeschnitten.

Aufgrund des leitenden Forschungsinteresses wurde das aufgenommene Material nicht allein thematisch und zeitlich beschränkt, sondern auch durch eine im Datenmodell fest verankerte semantische Einteilung der Gegenstände in (antike) »Monumente« und (neuzeitliche) »Dokumente« unterschieden – in erster Linie Zeichnungen, aber auch handschriftliche und gedruckte Texte. Dieser vereinfachende Ansatz hat jedoch einen Nachteil: Die Datenbank bleibt ein Spezialinstrument, das nicht ohne weiteres unter anderen Forschungsperspektiven befragt werden kann und sich schlecht mit anderen Ressourcen verbinden lässt.

Andere digitale Forschungsprojekte, selbst wenn sie eng fokussierte Fragestellungen verfolgten, strebten nach universelleren Datenerfassungen. Dies barg jedoch stets das Problem, dass das Datenmodell dann – wie im Fall von Midas – äußerst umfangreich, oder – wie im Fall von CIDOC-CRM – äußerst komplex werden kann. Ein Ansatz, dieser Problematik zu begegnen, war das »kontext-sensitive Datenmodell« von kleio, das sich an den Vorstellungen semantischer Netzwerke orientiert und das im kunsthistorischen Bereich unter anderem in dem der Dokumentation von Realien auf mittelalterlichen Gemälden gewidmeten Projekt REALonline eingesetzt wurde. Bemerkenswert ist auch hier, dass die meist als Bilddatenbank bezeichnete Datensammlung primär mit begrifflich definierten Inhalten arbeitet. <sup>66</sup>

### Datenbanken: Do it yourself

Zahlreiche Datenbankanwendungen in der kunsthistorischen Forschungspraxis wurden in kleineren Projekten oder von Einzelpersonen entwickelt. Weniger die Regelwerk- und Softwareentwicklung standen dabei im Vordergrund, sondern die Anwendung vorhandener Standardsoftware und die Herausarbeitung eigener Datenstrukturen.

Infolge der steigenden Leistung sowohl des Personal Computers als auch des Internets entstand ein neuer Arbeitsbereich, der sich auch für einzelne Forscher\*innen eignete: die persönliche Materialsammlung. Bald stellte sich die Frage, wie man die eigene Sammlung im Griff behalten und erschließen sollte. Die Bordmittel des eigenen Rechners halfen zunächst kaum weiter: An die Stelle von Diamagazinen, Schachteln mit Papierabzügen oder Heftern mit Fotokopien trat nun ein virtueller »Schreibtisch« mit digitalen, ineinander verschachtelbaren

■ 65  
Seit 2020 liegt das Projekt in der Verantwortung von Kathleen Christian. Zur Geschichte des Census, siehe <https://www.census.de/geschichte/>.

■ 66  
Zum anfänglich zugrunde liegenden System kleio, das zunächst ebenfalls bei prometheus zum Einsatz kam, vgl. Thaller 2004. Die aktuelle Version von REALonline ist mit einer Graphen-Datenbank realisiert (Ingrid Matschneegg, Isabella Nicka, Clemens Hafner, Martin Stettner, Stefan Zedlacher, Daten neu Verknoten: Die Verwendung einer Graphdatenbank für die Bilddatenbank REALonline (DARIA-DE working papers 31) 2019, <http://webdoc.sub.gwdg.de/pub/mon/dariah-de/dwp-2019-31.pdf>).

## ■ 67

Technisch gesehen handelte es sich um Verzeichnisse im Dateisystem (directories), in denen die Namen der Dateien angezeigt und dabei nach unterschiedlichen Kriterien sortiert und selektiert werden können. Erst in Desktop-Umgebungen wie Windows wurden diese mit wiedererkennbaren Symbolbildern (icons) versehen, die meist Hängeregister mit Reitern darstellen.

## ■ 68

<https://de.wikipedia.org/wiki/HyperCard>; viele Hypercard-Stacks sind im Internet Archive gespeichert und können in einer Browser-Emulation studiert werden: <https://blog.archive.org/2017/08/11/hypercard-on-the-archive-celebrating-30-years-of-hypercard/>.

## ■ 69

Bärbel Biste, AskSam, in: Fachinformation und EDV-Arbeitstechniken für Historiker. Einführung und Arbeitsbuch. Historische Sozialforschung. Supplement, No. 12, Fachinformation und EDV-Arbeitstechniken für Historiker. Einführung und Arbeitsbuch (2000), S.254–257.

## ■ 70

Dies zeigte sich anhand einer Datenbank zur Bau- und Kunsttätigkeit des römischen Quattrocento, die Georg Schelbert im Jahr 1998 für die eigenen Forschungsinteressen aufbaute. Die stellte eine Vorstufe zum späteren Zuccaro-Konzept dar (s. u.) und enthielt reverse Beziehungen, die aufgrund der systemischen Beschränkung allerdings noch nicht qualifiziert waren. Wegen der Möglichkeit, corpusartige Sammlungen aus unterschiedlichsten Sachgebieten in einer Anwendung zu sammeln und zu verknüpfen, erhielt die Datenbank scherzhaft den Namen »Corpus Corporum«.

## ■ 71

Filemaker, <https://de.wikipedia.org/wiki/FileMaker>; Eine gewisse Verbreitung fand auch das in Microsoft Office enthaltene Access, [https://de.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Access](https://de.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Access).

»Aktenordnern«, die Dateien von beliebigem Format aufnehmen können. <sup>67</sup> Verwaltung, Ordnung und Erschließung erfolgten weiterhin händisch: Standardisierte, leicht erlernbare Verwaltungsprogramme, mit denen man das im Dateisystem abgelegte Material betrachten, durchsuchen, mit Schlagwörtern kategorisieren und mit anderem Material verknüpfen kann, brachten die Betriebssysteme nicht mit.

Wie im institutionellen Bereich war Datenbanksoftware die nächstliegende Lösung. Wollte man Textdokumente und Literaturangaben mitverwalten, so fielen allerdings handelsübliche Bilddatenbanken aus. Literaturverwaltungsprogramme boten sich zwar an, die Lücke zu schließen, doch die Anbindung von Bilddaten und die Möglichkeiten der Verschlagwortung ließen zu wünschen übrig. Eine speziell auf geisteswissenschaftliche Erfordernisse zugeschnittene Standardanwendung zur wissenschaftlichen Materialsammlung fehlt bis heute.

Mit der Software HyperCard (1987 erschienen) gab es auf Apple-Rechnern bereits vor dem Siegeszug des Internets ein weitverbreitetes Programm, das auf miteinander durch klickbare Links verknüpften Textdokumenten beruhte (Hypertext) und Datenbankfunktionalitäten mitlieferte. <sup>68</sup> Das Datenformat war ein Vorläufer von HTML, der Auszeichnungssprache, in der heutige Webseiten kodiert sind, aber das System war noch nicht netzwerkfähig. Vergleichbare Ansätze gab es auch im Bereich der Personal Information Manager (PIM)-Programme, etwa mit der Freiform-Datenbank »AskSam«, die sich aber in der Wissenschaft nicht durchsetzen konnten. <sup>69</sup>

Daneben gab es vergleichsweise komplex strukturierte, auf proprietärer Software basierende Datenbankprogramme, die ursprünglich nicht für Forschungszwecke, sondern für die Wirtschaft und Verwaltung, oder etwa den Bibliotheksbereich konzipiert wurden. Ein solches Programm war LARS II, das gelegentlich auch für die Sammlungsverwaltung in Museen und in Denkmalämtern eingesetzt wurde. Der Einsatz als persönliche Forschungsdatenbank war vermutlich ein Ausnahmefall. Die ansatzweise vorhandene Möglichkeit zur Anlage von Datenrelationen eignete sich gut für die Dokumentation komplexer kunsthistorischer Sachverhalte. <sup>70</sup>

Noch um das Jahr 2000 war insbesondere die Bildverwaltung umständlich und komplex. Eine gewisse Beliebtheit erlangte die Datenbanksoftware Filemaker bei wissenschaftlichen Fachanwender\*innen. Sie ermöglichte es, relativ einfach klassische Datentabellen anzulegen, Eingabeformulare dafür zu entwerfen und die Tabellen auch in komplexer Weise miteinander zu verknüpfen. Selbst Bilddaten konnten in diesem System gespeichert werden. <sup>71</sup> Gelegentlich kamen andere kommerzielle Programme wie Foxbase Pro oder Microsoft Access zum Einsatz, auch in Forschungsprojekten. Aufwändig auf individuelle Bedürfnisse eingerichtete Datenbanksoftware blieb mitunter jahrelang als Provisorium in Betrieb. Die Komplexität der Datenmodelle, aber auch die Schwierigkeiten bei der Migration zu neueren Softwareversionen, fehlende Export- und Austauschmöglichkeiten und nicht zuletzt die unzulängliche Netzanbindung verhinderten, dass sich derartige Programmsysteme für die Materialsammlung etablieren konnten.

Die frühen institutionellen Datenbank-Unternehmungen waren technisch und strukturell zu unflexibel und ihre Lizenzkosten zu hoch, als dass individuelle Forschungsvorhaben von den dort verwendeten Technologien hätten Gebrauch machen können. Daher entwickelten kleinere institutionelle Forschungs-

projekte seit den 1990er Jahren eigene, spezialisierte Lösungen, die zudem Werkzeugelemente umfassten.

Dabei sind die technischen und organisatorischen Herausforderungen nicht selten beträchtlich. Es besteht meist kein Anlass, einen Katalog vieler gleichartiger Objekte zu erstellen. Die Aufgabe ist vielmehr, eine Fülle von heterogenem Material (Fotos, Archivdokumente, Exzerpte, Scans, PDF-Dokumente, Excel-Tabellen, Literaturangaben, Webseiten und vorläufige Textentwürfe) zu sammeln, organisiert zu speichern, einfach und schnell wieder aufzufinden und für die wissenschaftliche Produktion zu verwenden. <sup>72</sup>

Die kunsthistorische Forschungspraxis ist gekennzeichnet durch eine inhomogene Zusammensetzung der Materialien, aber auch durch wechselnde methodische Perspektiven und Fragestellungen. Daher war und ist ein Hauptbedürfnis der Forschenden, die gesammelten Daten auf variable Weise miteinander zu verknüpfen und dadurch Zusammenhänge und Narrative herzustellen. Mit schematischen Datentabellen, wie sie Spreadsheets und einfache relationale Datenbank Anwendungen bereitstellen, ist dieses Ziel nicht zu erreichen.

Durch das wachsende Bedürfnis, Gegenstände miteinander zu verknüpfen, verlagerte sich die Datenmodellierung immer stärker weg von der Tabellenform hin zu graphartigen Netzwerkstrukturen. Diese ermöglichen vor allem ein freies Navigieren; eine systematische Durchsuchung ist nur möglich durch formal strenge Datenmodelle wie CIDOC-CRM. Graph-Strukturen bieten zwar neue Möglichkeiten der statistischen, netzwerkanalytischen und aussagenlogischen Durchmusterung der Daten, insbesondere dann, wenn es sich um größere Mengen von Knoten handelt, die nicht dünn (*sparse*), sondern reichhaltig verknüpft (*dense*) sind. Allerdings haben derartige Datenmodelle die Tendenz, ein hypertrophes, theoretisches Eigenleben zu entwickeln. Der Bezug zur Forschungspraxis kann dann sogar wieder verloren gehen. <sup>73</sup> Zudem besteht die Anforderung an eine Datenbank im Forschungszusammenhang meist gar nicht darin, ein den ganzen Bestand umfassendes Reasoning durchzuführen, als vielmehr darin, Material und Materialgruppen filternd oder browsend aufzusuchen.

Das Informationssystem ZUCCARO, das seit 2003 an der Bibliotheca Hertziana von den beiden Verfassern entwickelt wurde, hatte zum Ziel, weite kunsthistorische Forschungsfelder perspektivoffen abzudecken und darüber hinaus mit Quellen und Forschungsdiskussionen zu dokumentieren. <sup>74</sup> Aufgrund der raschen Implementierbarkeit, die sogar eine Publikation der Daten im Web erlaubte, wurde es zunächst mit Filemaker realisiert.

Das Datenmodell ist so generisch und zugleich erweiterbar ausgelegt, dass es sich für die Materialsammlung thematisch unterschiedlicher Forschungsprojekte aus dem Bereich der Kulturwissenschaften eignet. Konkret war ZUCCARO als Speichersystem für Daten- und Bildmaterialien aus den Projekten Lineamenta (italienische Architekturzeichnungen des 18. Jahrhunderts) <sup>75</sup> und ArsRoma (römische Malerei um 1600 im gesellschaftlichen Umkreis von Caravaggio) <sup>76</sup> gedacht. Im Laufe der Zeit wurde das System mit vielen weiteren Beständen angereichert, etwa zur Topographie der Stadt Rom (Bauwerke, Institutionen, Stadtpläne, Veduten) und zu Aufhalten von Künstler\*innen in Italien im 19. Jahrhundert.

Das Konzept eines an die Praxis des forschenden Arbeitens angelehnten, grundsätzlich offenen und erweiterbaren Repositoriums hat sich bewährt: Der

#### ■ 76

<http://www.biblhertz.it/deutsch/forschung/ArsRoma.htm>.

#### ■ 72

Einen überaus anschaulichen und zugleich prominenten Fall kunsthistorischer Forschung stellt Röttgen dar (Steffi Röttgen: Von der Zettelwirtschaft zum digitalen Katalog, in: Effinger, Maria et al. (Hg.): Von analogen und digitalen Zugängen zur Kunst: Festschrift für Hubertus Kohle zum 60. Geburtstag, Heidelberg: [arthistoricum.net](http://arthistoricum.net), 2019, S. 375–390, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.493.c6585>).

#### ■ 73

S. hierzu unten (knowledge graph).

#### ■ 74

Online: [https://fm.biblhertz.it/html/zucc\\_start.htm](https://fm.biblhertz.it/html/zucc_start.htm); Martin Raspe, Georg Schelbert, »ZUCCARO. Ein Informationssystem für die historischen Wissenschaften«, in: *IT Information Technology* 51 (2009), S. 207–215.

#### ■ 75

<http://lineamenta.biblhertz.it/>; Elisabeth Kieven, Georg Schelbert: Architekturzeichnungen, Architektur und digitale Repräsentationen – das Projekt LINEAMENTA, in: *Architecture on Display*, Kai Kappel, Ursula Müller (Hg.), *Kunsttexte* Nr. 4, 2014, <https://journals.uni-heidelberg.de/index.php/kunsttexte/issue/view/6062>.

Datenbestand enthält viele gemeinsame Stammdaten und zahllose Querverbindungen und wird insofern niemals »abgeschlossen« sein. Das Datenmodell ist von CIDOC-CRM angeregt, aber in technischer Hinsicht stark vereinfacht und inhaltlich straffer systematisiert. <sup>77</sup> Es katalogisiert nicht allein materielle Gegenstände, Artefakte und Bauwerke. Historische, politisch-gesellschaftliche und sonstige ideel-konstzeptionelle Entitäten gehören ebenso dazu wie Personen, Institutionen, soziale Gruppen, Berufe, gesellschaftliche Funktionen und Ämter sowie der gesamte wissenschaftliche Dokumentationsapparat: Archivquellen, Publikationen, Sekundärliteratur, Abbildungen. Alle diese Gegenstände werden, anders als im CRM, in ZUCCARO gleich gewichtet. Die Daten können gleichermaßen als Objektgeschichten, Prosopographien, Bibliographien oder Kartenlegenden verstanden werden. <sup>78</sup> Sie können sowohl über Nachbarschaften als auch durch gefilterte Suchabfragen gefunden werden.

Jeder Gegenstand – sei er ein handelnder Akteur, ein passives Objekt oder ein gedankliches Konzept – wird als sogenannte Entität behandelt, die mit Hilfe eines eindeutigen Identifiers adressiert wird. Zwischen diesen Entitäten können Beziehungen hergestellt werden, die den eigentlichen historischen Sachverhalt repräsentieren. Beziehungen zwischen Entitäten entsprechen strukturell Aussagesätzen (semantischen Tripeln) nach dem Muster Subjekt-Prädikat-Objekt. Jedoch werden die Beziehungen (das Prädikat) durch weitere Aspekte erweitert, etwa den Zeitfaktor in Form einer Datierungsspanne, die potentiell noch hinsichtlich Unschärfe und Unsicherheit bestimmt werden kann. <sup>79</sup> Auf diese Weise steht das historische Ereignis im Zentrum des Datenmodells und dient dazu, alle Gegenstände auf einfache, generische Weise miteinander zu verbinden. Die Struktur legt die Nutzer\*innen nicht auf ausgewählte Blickwinkel oder Forschungsgegenstände fest.

Im informatischen Sinn stellt das Datenmodell von ZUCCARO einen sogenannten **Property Graph** dar. Diese Datenstruktur erweitert den einfachen Graphen, der nur aus **nodes** (Knoten, hier Entitäten) und **edges** (Kanten, hier Beziehungen) besteht, durch zusätzliche **Properties** (Eigenschaften, also Felder bzw. Attribute). <sup>80</sup> Ein solcher aus erweiterten Tripelstrukturen aufgebauter, netzartiger Graph ist wesentlich besser geeignet, geisteswissenschaftliche Inhalte redundanzfrei zu speichern, als durch joins verknüpfte SQL-Tabellen, die sehr komplex werden können und die Performance belasten. Gegenüber einer reinen Graph-Struktur, bei der sämtliche Feldinhalte granular in RDF-Tripel aufgelöst werden, hat der Property Graph den Vorteil der leichteren technischen Handhabbarkeit und Wartung: Für die Ausgabe müssen die Objekt-Datensätze nicht aus Knoten und Kanten rekonstruiert werden, sondern sind bereits als Einheiten vorhanden. Zudem ist keine starre Ontologie als semantisches Regelwerk vorgegeben. Je nach Bedarf können neue Inhaltsbereiche hinzugefügt werden. Das erhöht die Flexibilität gerade im Forschungsprozess erheblich.

Mit dem Aufkommen digitaler Graphentechnologien steht für derartige Datenmodelle erstmalig eine adäquate Software-Basis zur Verfügung. Durch die Verwendung von weltweit eindeutigen Identifiern, von international verbreiteten Normdaten und Thesauri und standardisierten Internet-Schnittstellen (REST, GraphQL, SPARQL) ist heutzutage der Aufbau einer Infrastruktur möglich, die den Bedürfnissen der kunsthistorischen Forschung Rechnung trägt und zugleich inhaltlich erweiterbar und technisch skalierbar ist. Ähnliche

■ 77  
Durch den Verzicht auf eine Ontologie, in der die Semantik jeder Beziehung vorgeschrieben wird, ist das System inhaltlich sehr viel flexibler. Indem jede Beziehung gleichartig strukturiert ist, ist der technische Aufwand bei der Implementierung erheblich geringer.

■ 78  
Raspe, Schelbert 2009, S. 210.

■ 79  
Martin Raspe, Georg Schelbert, »Genau, wahrscheinlich, eher nicht: Beziehungsprobleme in einem kunsthistorischen Wissensgraph«, in: Die Modellierung des Zweifels – Schlüsselideen und -konzepte zur graphbasierten Modellierung von Unsicherheiten. Andreas Kuczera / Thorsten Wübbena / Thomas Kollatz (Hg.). Wolfenbüttel 2019. (= Zeitschrift für digitale Geisteswissenschaften / Sonderbände, 4) (DOI 10.17175/sb004\_012).

■ 80  
Frisendal, Thomas: Property Graphs: The Swiss Army Knife of Data Modeling, <http://www.dataversity.net/property-graphs-swiss-army-knife-data-modeling/>.

Ansätze wurden und werden auch anderswo verfolgt (ConedaKOR, ResearchSpace, Nodegoat). <sup>81</sup>

### Forschen am Bild

Für kunsthistorische Projekte wurde der direkte Umgang mit Bildmaterial im Kontext der Datenbanken immer wichtiger, so auch für die genannten mit ZUCCARO arbeitenden Projekte. Es sollten beispielsweise Bildausschnitte – etwa zur Identifizierung von Details auf Architekturzeichnungen, oder von ikonographischen Motiven auf Gemälden – gekennzeichnet, annotiert und mit den entsprechenden Datensätzen verbunden werden. Weil Filemaker hierfür keine Lösung bot, wurde die Webanwendung mit dem Grafikserver Digilib verbunden.

Digilib wurde im wesentlichen seit 2000 von Gerd Grasshoff und Robert Casties entwickelt <sup>82</sup> und unter anderem für das vom Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin initiierte Projekt ECHO (European Cultural Heritage Online) <sup>83</sup> eingesetzt. Im Rahmen von ECHO sollte nicht nur Kulturgut online verfügbar gemacht, sondern auch dessen weitere Nutzung in der Forschung ermöglicht werden. Dabei standen Text- und Bildannotationen im Mittelpunkt – Funktionalitäten, die sich als sinnvoll und nützlich erwiesen. Digilib war als Betrachtungsumgebung sowohl für ganze Manuskripte und Bücher als auch für Einzelbilder konzipiert. Zwei Elemente zeichnen das Konzept besonders aus und erlaubten schon im Rahmen der beschränkten infrastrukturellen Gegebenheiten der 2000er Jahre den interaktiven Umgang mit großen Bilddaten: Zum einen werden hochauflösende Scans und Digitalfotos nicht als Ganzes, sondern nur in bildschirmfüllenden Ausschnitten übertragen. Dadurch sind Detailstudien über das Netz auch bei geringer Übertragungsbandbreite möglich. Zum anderen stehen Funktionen zur Bildmanipulation (Drehung, Spiegelung, Kontrastverstärkung) und einfache Annotations-Mechanismen (Markierung und Nummerierung von interessanten Punkten und Rechtecken) zur Verfügung. Die Steuerung der Ausschnitte erfolgt über URL-Parameter, eine Technik, die heutzutage ähnlich auch in der IIIF Image API angewendet wird. <sup>84</sup>

Etwa zeitgleich verfolgten Martin Warnke und sein Team mit HyperImage <sup>85</sup> einen ähnlichen, zugleich dezidiert bildwissenschaftlich motivierten Ansatz, der als Gegenstück zur textbasierten Wissensorganisation mit Hilfe von Ontologien auf visuelle Annotationen mit Hilfe von graphischem markup setzte. Die Arbeitsumgebung sollte einen – potentiell textfreien, lediglich mit visuellen Verweisen arbeitenden – Bilddiskurs ermöglichen, indem Ausschnitte von Bildern durch Umrahmung oder Einfärbung hervorgehoben wurden. Diese interaktiven Regionen waren mit der Maus ansteuerbar und über Klick mit anderen Bildern verbunden. So sollte der notwendigerweise von Sprach- und Denkkonventionen bestimmte »Umweg« über verbal benannte Bildteile, wie z. B. mit Iconclass kodierte Bildmotive, vermieden und durch ein rein visuelles, quasi deiktisches Vorgehen ersetzt werden. Zugleich bot die Umgebung aber auch Möglichkeiten der textlichen Annotation von Bildern und Bildausschnitten. Das System wurde lokal oder als Client-Server-System installiert. Die erzeugten Webseiten mit den interaktiv verlinkten Bildern konnten lokal auf dem Rechner oder dezentral über einen Webserver konsultiert werden. <sup>86</sup>

Blieb das Bild bei diesen beiden Beispielen weitgehend isoliert bzw. vor allem auf andere Bilder bezogen, so stand die Verbindung von Bild und textuellen

#### ■ 81

Zu ConedaKOR (<https://coneda.net/>) vgl. Thorsten Wübbena: »ConedaKOR – Von der Tabelle zum Netzwerk«, in: DARIAH Working Papers, Tagung »Graphentechnologien in den digitalen Geisteswissenschaften«, 19./20.01.2017, Akademie der Wissenschaften und der Literatur (Mainz), Göttingen 2019, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gmbv:7-dariah-2019-2-9>; ResearchSpace, <https://www.researchspace.com/>; NodeGoat, <https://nodegoat.net/>.

#### ■ 82

<https://robcast.github.io/digilib/index.html>.

#### ■ 83

<https://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/>.

#### ■ 84

Vgl. unten Abschnitt 3.

#### ■ 85

In der Anfangsphase des Projekts wurde noch die Bedeutung der Metadaten betont (Martin Warnke: Daten und Metadaten – Online-Ressourcen für die Bildwissenschaft, in: zeitenblicke 2 (2003), Nr. 1, <https://www.zeitenblicke.de/2003/01/warnke/index.html>); später eher der »Bilddiskurs«, Lisa Dieckmann, Anita Klieemann, Martin Warnke: Meta-Image. Forschungsumgebung für den Bilddiskurs in der Kunstgeschichte, in: cms-journal 35.3 (2012), S. 11-17, <https://doi.org/10.18452/6626>.

#### ■ 86

HyperImage. Mit HyperImage realisierte Projekte sind auf folgender Seite aufgelistet: <https://warnke.web.leuphana.de/hyperimage/hyperimage/beispiele.htm>. Ein Großteil der angegebenen Webseiten ist nicht mehr erreichbar [Stand 10.2022]. Das Projekt wird seit 2014 in getrennten Zweigen weitergeführt; zuletzt wurde 2015 eine Version HyperImage 3.2 Beta angekündigt (<http://hyperimage.ws/de/>).

Kontexten bereits bei der seit 1999 von Beate Fricke und Martin Raspe entwickelten Umgebung WIRE (Word and Image Retrieval Environment) im Fokus. Das im Fach Kunstgeschichte der Universität Trier entwickelte System blieb dort bis etwa 2010 in mehreren Projekten im Einsatz. <sup>87</sup> WIRE beruhte auf einer Client-Server-Architektur und verwaltete digitale Bilder, deskriptive Texte, Quellen und Literaturangaben mit Hilfe von Schlagwörtern in einer einheitlichen Umgebung, die über eine Dokumentvorlage in Microsoft Word bearbeitet, serverseitig in einer Datenbank gespeichert und über eine Weboberfläche abgefragt werden konnte.

Indem das Digitalbild als eigenständige Kategorie behandelt, mit den übrigen Daten zusammen gleichartig verwaltet, mit ihnen verknüpft und gleichermaßen durch Schlagwörter erschlossen wurde, war seine Integration in den Forschungskontext besonders leicht. Durch die direkte Verknüpfung der Bilder mit wissenschaftlichen Texten und Belegen war WIRE herkömmlichen Bild- und Diatheksdatenbanken im Hinblick auf die Forschungspraxis überlegen. Ob das Digitalbild als autonomes Lichtbildwerk, als illustrierende Ablichtung eines Kunstobjekts oder als didaktisches Diagramm verstanden werden sollte, hing lediglich von dem Beschreibungstext ab. Dieser enthielt die wissenschaftliche Aussage, wohingegen die Verschlagwortung nur als Suchinstrument diente.

Als Konzept durchaus erfolgreich, erwies sich vor allem die technische Unzulänglichkeit der damaligen Webformulare und die komplizierte Installation der verschiedenen Komponenten auf dem PC als Hemmschuh für eine größere Verbreitung im Fach. <sup>88</sup> Virtuelle Container wie Docker gab es damals noch nicht.

#### ■ 87

Raspe, Martin: WIRE – An Instrument for Collecting Visual and Textual Data. In: Standards und Methoden der Volltextdigitalisierung. Beiträge des Internationalen Kolloquiums an der Universität Trier, 8./9. Oktober 2001 (Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz; Geistes- und sozialwissenschaftliche Klasse, Nr. 9), Stuttgart 2003, 317–322.

#### ■ 88

Ähnlich, mehr noch im Sinn einer interaktiven Webplattform oder eines Redaktionssystems, war das für die Webseite kunstgeschichte.de entwickelte Projekt »System\_kgs« konzipiert; vgl. Thomas Lackner. Logistik statt Inhalt. Zu aktuellen Konzepten der Wissensorganisation in der digitalen Kunstgeschichte, in: kritische berichte 30.1.(2002), S. 57–78, hier S. 73–76.

#### ■ 89

Schwerpunktinitiative »Digitale Information« der Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen: Momentaufnahme. VREs in 2011/2012, [https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/rest/items/item\\_2981898\\_3/component/file\\_2981897/content](https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/rest/items/item_2981898_3/component/file_2981897/content).

### Virtuelle Forschungsumgebungen

Integrierte Lösungen wie WIRE und HyperImage kommen dem Paradigma der »virtuellen Forschungsumgebung« nahe, das vor etwa zehn Jahren als Lösung des Problems der digitalen Infrastruktur angesehen wurde. <sup>89</sup> Vorbild ist das naturwissenschaftliche Labor, das alle Instrumente und Materialien zur Bearbeitung eines Forschungsgegenstands bereitstellt. Langfristig hat sich dieser Ansatz aber nur sporadisch verbreitet und als Forschungsinstrument nicht durchgesetzt. Das hat verschiedene Gründe, liegt aber vor allem daran, dass das Konzept in diverser Hinsicht nicht der tatsächlichen Praxis der Forschung entspricht.

Die komplexen technischen Anforderungen einer solchen Umgebung tragen dazu bei, dass der praktische Nutzen erst spät geprüft werden kann; zur produktiven Anwendung kommt es zuweilen gar nicht. Der finanzielle und personelle Rahmen eines Forschungsprojekts reicht oft nicht aus, um ein Produkt zu erstellen, das einfach zu erstellen, leicht zu bedienen und zugleich vielseitig genug ist, um von der Community angenommen zu werden. Nicht immer ist von vornherein klar, welche Tätigkeiten tatsächlich im Verlauf eines Forschungsprojektes ausgeführt werden, und wie diese im Computer nachgebildet werden können. Zu den Schwierigkeiten gehört auch, dass zu Beginn der Projektarbeit Gegenstand und Methode noch nicht klar umrissen sind, sondern sich erst im Laufe der Materialsichtung und -bearbeitung ergeben. Die konkrete Ausgestaltung der Software kann dem Forschungsprozess nicht vorangehen, denn sonst würde sie ihn beeinflussen oder zu sehr kanalisieren. Die Entwicklung der Arbeitsumgebung muss dem Forschungsprozess folgen, auf die Gefahr hin, dass das Projekt abgeschlossen ist, bevor die darauf zugeschnittene Software fertig ist.

Problematisch ist auch der Umgang mit den Ergebnissen der Forschung. Virtuelle Forschungsumgebungen sollen nicht nur während der »Laborphase« zum Einsatz kommen, sondern auch der Präsentation und Publikation der Ergebnisse dienen. Dabei soll der Erkenntnisprozess möglichst transparent sichtbar bleiben: Spätere Benutzer sollen verstehen, wie das Ergebnis zustande gekommen ist und im Idealfall den Vorgang ausgehend von dem Primärmaterial nachvollziehen können. Die im Buchwesen üblichen Nachweisverfahren müssen dafür in die Umgebung integriert werden. Außerdem sollen die Ergebnisse dargestellt und erläutert, also publiziert werden – möglichst schon während der Projektlaufzeit. Das bedeutet: Volltexte mit Abbildungen, Schemazeichnungen, Diagramme und andere Formate müssen direkt zur Verfügung stehen, sich nach Möglichkeit sogar dynamisch aktualisieren und erweitern. Der notwendige Aufwand wird in der Regel unterschätzt. Aus dieser Erfahrung heraus wurden Konsortien gegründet, die das Konzept »Virtuelle Forschungsumgebung« auf eine breitere Grundlage stellen sollen, wie zum Beispiel DARIAH-EU und TextGrid.<sup>90</sup> Für die Kunstgeschichte konnten solche Unternehmungen wohl wiederum aufgrund der hohen Komplexität des Gegenstands nie Tritt fassen.<sup>91</sup>

Generische digitale Forschungsumgebungen zu gestalten, die wiederverwendbar sind und allgemeinen wissenschaftlichen Erfordernissen genügen, ist schwierig. Das liegt zum einen daran, dass keine Einigkeit darüber herrscht, welche Anforderungen eine solche Software zu erfüllen hat. Es gibt aber auch prinzipielle Gründe dafür, das Ideal einer virtuellen Forschungsumgebung in der digitalen Kunstgeschichte für illusorisch zu halten. Diese sind konzeptioneller und praktischer Natur. So bleibt grundsätzlich ungeklärt, ob die Umgebung die einzelne Forscher\*in als Individuum unterstützen oder ein Kollektiv unterstützen soll. Wenn beides, wie lassen sich die zu unterstützenden praktischen Vorgehensweisen voneinander abgrenzen und gemeinsam verwirklichen? Dient die Umgebung nur als Container für die Materialsammlung und -bearbeitung, oder soll sie auch als Präsentations-Tool für Zwischenergebnisse, etwa bei Projektvorstellungen oder Begehungen, fungieren können? Was ändert sich durch solche Zusatzfunktionen? Wenn die Umgebung auch allgemein nutzbar sein soll, wie können Spezialmodule erstellt und eingebunden werden, die auf die Erfordernisse einzelner Themengebiete und Materialgattungen zugeschnitten sind?

Schon diese wenigen Fragen machen deutlich, dass die Hürden für solche Arbeitsumgebungen hoch sind. Der Aufwand für Konzeption, Organisation, Umsetzung, Wartung und langfristige Erhaltung ist auf jeden Fall beträchtlich. Angesichts des rapiden Veraltens von Software, die schon aus Sicherheitsgründen beständig gewartet, fortentwickelt und mit Updates versehen werden muss, ist fraglich, ob das Fach Kunstgeschichte genügend Einigkeit und Kraft aufbringen könnte, um die genannten Ziele zu erreichen.

Auch im größeren akademischen Rahmen gibt es kaum Potential dafür, ein generisches System zur Handhabung kulturwissenschaftlicher Forschung zu konzipieren, zu projektieren und zu finanzieren. Selbst das Konsortium »NFID-4culture«, das sich im Rahmen der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur gebildet hat und dem die Kunstgeschichte angehört, hat darauf verzichtet und sich stattdessen auf einen Themenbereich »Tools and Data Services« beschränkt.<sup>92</sup>

Dennoch bleibt der Bedarf spürbar, die praktische Forschungstätigkeit in vollem Umfang mit digitalen Mitteln zu unterstützen. Um den Weg der Kunstge-

■ 90

**DARIAH:** <https://www.dariah.eu/>;  
**TextGrid:** <https://textgrid.de/>.

■ 91

**FuD, die virtuelle Forschungsumgebung für die Geistes- und Sozialwissenschaften, sollte ursprünglich Bilddokumente enthalten, ist aber weiterhin vorwiegend textorientiert:**  
<https://fud.uni-trier.de/>.

■ 92

**NFDI4Culture:** <https://nfdi4culture.de/>;  
die sechs »areas of responsibility« sind unter der Überschrift »Planned implementation of the FAIR principles« verzeichnet.

schichte in die Digitalität zu verbessern und die Vertrautheit im Umgang mit dem Computer im Forschungs- und Publikationsbereich zu stärken, wäre vor allem eine neue, standardisierte, leicht zu handhabende und die praktische Arbeit sinnvoll unterstützende, persönliche Infrastruktur für die forschende Community vonnöten. Ein solches Instrument fehlt noch immer. Die technischen Voraussetzungen dafür sind längst gegeben; vielleicht ist jetzt die Zeit gekommen, sich darüber erneut Gedanken zu machen.

## Wissensmanagement und Forschungsdaten

### Knowledge Graph als Netzwerk des Wissens

Das Konzept einer kunsthistorischen Fachdatenbank hat sich im Laufe der Zeit weiterentwickelt – vom geschlossenen Corpus, das sich auf das Zusammentragen von Exemplaren aus einer Inhaltsdomäne beschränkt, hin zu einem offenen **data warehouse**, in dem alles Mögliche gelagert werden kann. Hauptaufgabe bleibt weiterhin, das einzelne, singuläre, materielle Objekt zu verwalten. Anders als im realen Museum oder Archiv wird aber nur die digitale Wissensrepräsentation des Gegenstands gespeichert. Objekte werden digital erfasst, nach festen Regeln dokumentiert und durch Suchalgorithmen erschlossen. Die Digitalität soll dafür sorgen, dass das Wissen dauerhaft erhalten bleibt und öffentlich zugänglich ist: Insofern verhilft die digitale Speicherung dem Objekt zu größerer Sichtbarkeit. Die Kapazität der digitalen Speicher, in denen man Informationen über Gegenstände sammelt, ist unvergleichlich viel größer, als das, was im analogen Zeitalter zur Verfügung stand.

Die Datenbank setzt die Tradition ekphrastischer Beschreibungen, früher Sammlungsinventare, repräsentativer Stichpublikationen, analoger Fotoarchive und gedruckter Bestandskataloge fort; die Anforderungen an Dokumentation, Beschreibung und Analyse haben sich allerdings substantiell weiterentwickelt; dies nicht zuletzt innerhalb des Konzepts der Datenbank selbst, die nicht mehr als lokaler, in sich abgeschlossener Raum zu denken ist. Der digitale Datenraum ist zudem maßstabslos: Er kann das allgemeine, gedankliche Konzept ebenso leicht aufnehmen wie das winzigste konkrete Artefakt. Hinzu kommt, dass Dinge nicht nur auf nahezu beliebige Weise miteinander in Beziehung gebracht und miteinander assoziiert werden können, sondern dass dies auch parallel in verschiedener Weise geschehen kann.<sup>93</sup> Nicht einmal Luhmanns Zettelkasten reicht an die Möglichkeiten eines modernen Datenbankkonzepts heran.<sup>94</sup> Hochwertige Bilddaten können mit beschreibenden Texten, präzisen Messwerten, physikalischen Eigenschaften, Literaturverweisen und beliebigen anderen Daten verbunden werden. Erst die prinzipiell unendliche Verknüpfbarkeit ermöglicht es, das materielle Objekt eindeutig zu identifizieren und sachgerecht zu erfassen, zu beschreiben und zu vermitteln. Auf diese Weise verstaubt das Objekt nicht in einer etikettierten Schublade, die nur durch ingeniose Recherche oder gar durch Zufall gefunden werden kann: Es wird in ein offenes Wissensnetz eingebunden und kann von allen Seiten her über seine Verbindungen gefunden werden.

#### ■ 93

Vgl. zu den assoziativen Aspekten des Digitalen – mit Rückblick auf die Tradition des Sammelns – Stephan Brakensiek, »wunderkammer.internet. Der Versuch der virtuellen Welter-schließung im Wissensraum ›Sammlung‹ und ›Computernetz‹: Überlegungen zur Verwandtschaft des assoziativen Zugriffs auf Bilder einst und jetzt«, in: kritische berichte 34.2 (2006), S. 3–16.

#### ■ 94

Niklas Luhmann: Kommunikation mit Zettelkästen. Ein Erfahrungsbericht, in: Horst Baier, Hans Mathias Kepplinger, Kurt Reumann (Hg.), Öffentliche Meinung und sozialer Wandel. Für Elisabeth Noelle-Neumann. Opladen 1981, S. 222–228. Johannes Schmidt: Der Zettelkasten Niklas Luhmanns, Niklas Luhmann-Archiv, 2015, <https://niklas-luhmann-archiv.de/nachlass/zettelkasten>.

Hinzu kommt: Je mehr die Dateninhalte über Domänengrenzen hinauswachsen, desto dringlicher wird die Notwendigkeit, universale, generische Regeln zur Verwaltung des Wissens einzuführen. Um Redundanzen zu vermeiden und eine weltweit eindeutige Referenzierung realweltlicher Objekte und Sachverhalte zu erreichen, müssen Normdaten, Thesauri (**authority files**) und Referenzrepositorien verwendet werden. <sup>95</sup>

Das Konzept der Wissensaggregation, bei dem ein mehrdimensionales Geflecht aus »Knoten« und »Kanten« (Objekten und Relationen) entsteht, bezeichnet man in der theoretischen Informatik und in der Mathematik als »Graph«, den wir im Zusammenhang mit dem ZUCCARO-Projekt bereits kurz gestreift haben. Die Gegenstände und ihre Beziehungen untereinander bilden sogenannte semantische »Tripel«. Strukturell ähneln diese Tripel Aussagesätzen, die dem Schema »Subjekt-Prädikat-Objekt« folgen. Prinzipiell ist unwesentlich, in welcher technischen Form derartige Aussagen gespeichert sind, ob in einem eigens dafür programmierten »triple store«, der in RDF formalisierte Elemente speichert, <sup>96</sup> oder in einem herkömmlichen relationalen Datenbank-System. Entscheidend ist: Die Struktur des Graphen hat eine sprachliche Grundlage.

Die Subjekt- und Objekt-Knoten werden von Wissenschaftler\*innen angelegt und durch Prädikat-Beziehungen verknüpft. Die dadurch repräsentierten Aussagen beinhalten elementare, gesicherte Sachverhalte: Der gesamte Graph ist eine Repräsentation von Wissen. Daher wird eine derartige Struktur in den Geisteswissenschaften als »knowledge graph« bezeichnet. <sup>97</sup>

Softwarelösungen, die speziell für die Verarbeitung solcher Strukturen entwickelt wurden, sogenannte Graphdatenbanken, haben besondere Eigenschaften, die sie für die praktische Forschung besonders geeignet machen: Zum einen basieren die Suchvorgänge nicht auf undurchschaubaren Matching-Algorithmen, sondern folgen den explizit angelegten Verbindungswegen. Es entstehen also keine »Zufallstreffer«: Was an Aussagen herauskommt, ist tatsächlich so gemeint und gewollt.

Zum anderen geschieht die Eingabe weiterer Objekte und die Anreicherung des Wissensnetzes mit Verknüpfungen kumulativ. Jede neue Information verdichtet und bereichert den vorhandenen Datenbestand: Das enthaltene Wissen wächst. Ein Gegenstand muss nicht neu publiziert werden, wenn es neue Erkenntnisse zu ihm gibt. Es genügt, seinen Datensatz durch neue Elemente und Verbindungen zu ergänzen. Da der Datensatz als wissenschaftlicher Beleg referenziert werden kann, wird langfristig Redundanz vermieden: Die Datenqualität steigt.

Basiert der Wissensgraph auf einem semantischen Regelwerk (Ontologie), so können durch die Anwendung von Aussagenlogik und automatisiertem **reasoning** weitergehende Schlüsse aus den im Graph gespeicherten Sachverhalten gezogen werden: Wenn eine männliche Person in Geschwisterbeziehung zu einer anderen Person steht, und die zweite Person ein weibliches Kind hat, so kann das System automatisch erschließen, dass das Kind eine Nichte der Ausgangsperson ist. Ob solche Mechanismen neues oder bisher verborgenes Wissen aufdecken können, oder ob damit nur »Abkürzungspfade« durch den Graph gelegt werden, ist unklar: Genügend große Datenbestände für komplexere Schlussfolgerungen sind derzeit noch nicht vorhanden. Fraglich ist auch, ob man alle in Frage kommenden Beziehungsarten in einem Wissensgebiet a priori in einer Ontologie festlegen muss. Es besteht die Gefahr einer semantischen

#### ■ 95

Zum Einsatz von Normdaten und Thesauri im kunsthistorischen Kontext siehe Angela Kailus, Regine Stein: **Besser vernetzt: Über den Mehrwert von Standards und Normdaten zur Bilderschließung**, in: Kuroczyński, Piotr, Bell, Peter und Dieckmann, Lisa (Hg.): **Computing Art Reader: Einführung in die digitale Kunstgeschichte**, Heidelberg: [arthistoricum.net](http://arthistoricum.net), 2018 (Computing in Art and Architecture, Band 1), S. 118–139, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.413.c5772>.

#### ■ 96

Triplestore: <https://en.wikipedia.org/wiki/Triplestore>; RDF: [https://en.wikipedia.org/wiki/Resource\\_Description\\_Framework](https://en.wikipedia.org/wiki/Resource_Description_Framework).

#### ■ 97

[https://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge\\_graph](https://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge_graph); Amit Singhal: **Introducing the Knowledge Graph: Things, not Strings**, Google Blog, 16.5.2012, <https://blog.google/products/search/introducing-knowledge-graph-things-not/>.

Verarmung, die verhindert, dass derzeit noch nicht absehbare Fragestellungen in Zukunft an das Material gestellt werden können. **98**

Es sollte genau überlegt werden, ob die inhaltliche Einschränkung durch das Korsett einer Ontologie nicht größer ist als der Nutzen der Formalisierung. Vielleicht werden wir uns verabschieden von der Vorstellung, dass starre Kategorien für inhaltliche Gegenstände und Beziehungen im Vorherein festgelegt werden müssen. Letzten Endes sind Oberbegriffe, Gattungen, Typen auch nur Attribute, also erschließende »Metadaten« der eigentlichen Inhalte. Solche Attribute können sich verändern und erweitern, je nach Forschungsfrage. Sie sollten nicht die Grundlage der Strukturierung bilden. Graphenmodelle müssen frei für neue Assoziationen sein.

Das Hauptargument für die Verwendung von Ontologien wie CIDOC-CRM ist, dass durch vereinheitlichte Datenformate der Austausch von Daten leichter wird und heterogene Datenbanken besser miteinander vernetzt werden können im Sinne von **linked open data**. Dagegen wäre einzuwenden, dass es sogar verwirrend oder irreführend sein kann, alles miteinander zu vernetzen. Warum sollte man beispielsweise liturgische Silberarbeiten und expressionistische Gemälde in einem Kontext zusammenfassen? Es liegt auf der Hand, dass es wenig Sinn hat, inhaltlich ganz verschiedene Schwerpunkte über einen Datenkamm zu scheren und in ein gemeinsames Austauschformat zu zwingen. Die Kommunikation zwischen verschiedenen Sammlungen sollte vielmehr über angepasste Schnittstellen laufen. Können die neuen Methoden der »Künstlichen Intelligenz« dabei helfen, Datenbanken zu vernetzen und verwandte Inhalte intelligent miteinander in Beziehung zu bringen? Kann das in den Trainingsmodellen vorhandene »Weltwissen« dazu dienen, individuelle Abfragefilter zu erstellen? Dann könnten »Rötelzeichnungen aus italienischen Sammlungen mit Madonnen« gefunden werden, ohne dass ein vereinheitlichtes Feld »Technik/technique/tecnica« vorhanden sein muss, das auf die Begriffe »Rötelkreide«, »red chalk« oder »sangui-gna« beschränkt ist. Damit ist freilich nicht gemeint, zu der bereits kritisierten Vorstellung eines unkontrolliert und anonym wachsenden Datenpools, in dem nur gesucht werden kann, zurückzukehren. Vielmehr sollte gerade bei wenig rigiden Ontologien das Prinzip der Autorschaft stark gemacht werden, was voraussetzt, dass diese durch das Datenmodell abgebildet werden kann.

#### ■ 98

Zu den praktischen Problemen der »Semantic Web«-Technologien wie RDF und Property Graph: Gautier Poupeau: Why I don't use Semantic Web technologies anymore, even if they still influence me? Keynote auf der Konferenz »Linked Pasts«, Bordeaux, 12.12.2019, <http://www.lespetitescases.net/why-i-dont-use-semantic-web-technologies-anymore-even-if-they-still-influence-me>.

In diesem Sinn sollte der **Knowledge Graph**, den man sich als ideale neue Infrastruktur der Kulturwissenschaften vorstellen kann, ein offenes, aber zugleich nach wissenschaftlichen Maßstäben kontrolliertes System sein: Im Makrobereich kann er übergreifende Konzepte aufnehmen, und zugleich im Mikrobereich sehr fein granuliert, detaillierte Einzelinformationen.

Für die Forschung ist ein solcher Knowledge Graph vor allem dann ein praktikables Instrument, wenn er nicht nur ein generisches Informationssystem bleibt, sondern mit speziellen Funktionalitäten »aufgerüstet« wird, die für die Geisteswissenschaften von besonderem Belang sind. Dazu gehören unter anderem:

- ein Referenzsystem, das es ermöglicht, gespeicherte Aussagen digital mit ihrem Urheber bzw. mit der Publikation zu verknüpfen, wo die Aussage erstmals veröffentlicht ist (»citation index«)
- ein Referenzsystem für Archivquellen, Online-Editionen und andere Internet-Ressourcen (für sonstige wissenschaftliche Belege)
- ein Referenzsystem, das es erlaubt, digitale Referenzabbildungen (möglichst auch Bildausschnitte) mit Aussagen zu verknüpfen (für Bildbelege)
- ein Referenzsystem, das Datensätze mit öffentlich bekannten, permanenten Identifiern assoziiert und die Inhalte dadurch auch für andere Kontexte erreichbar macht (Thesauri, **authority files**)
- ein System, das es erlaubt, Daten mit privaten oder temporären Notizen zu verknüpfen (Annotationen)
- ein Verfahren, das es ermöglicht, begrenzte Aussagen oder Aussagenkomplexe als »Mikropublikationen« zu veröffentlichen und dafür akademische »credits« zu bekommen **99**

Entscheidend ist darüber hinaus, wie solch eine Wissensinfrastruktur für die wissenschaftliche Community handhabbar gemacht werden kann, und wie die Zuverlässigkeit der Aussagen gewährleistet und dokumentiert wird. Ein – für wissenschaftliche Zwecke heutzutage noch unzureichendes – Instrument, das einen Einblick in die allgemeine Funktionsweise eines solchen Knowledge Graph gibt, ist Wikidata. **100** Im Gegensatz zu anderen Datenbeständen, die unter dem Schlagwort »linked open data« geführt werden, demonstriert dieses universale, mehrsprachige, formal regulierte, aber inhaltlich unbeschränkte Informationssystem in modellhaften Ansätzen, wie eine Infrastruktur für die Geisteswissenschaften aussehen könnte.

Vor allem wird bei Wikidata deutlich, welchen Wert eine breite, weitgehend selbständig agierende Community hat. In der Praxis können sich Forscher\*innen nicht übermäßig lang und detailliert mit der Objekterfassung beschäftigen: Dafür ist die personelle und zeitliche Decke zu kurz. Ohne eine große Gemeinschaft mangelt es auch an allgemein verbindlichen Regeln und Konventionen, die eine langfristige und universelle Benutzbarkeit gewährleisten. Man könnte umgekehrt sagen: Erst unter diesen Voraussetzungen entstehen bei der Erfassung von Artefakten und ihrer Kontexte auch Forschungsdaten. Wie nun diese Forschungsdaten jedoch verwalten und sichern?

■ 99

Frank van Harmelen: *The end of the scientific paper as we know it (or not ...)*, Wien (2017), <https://www.slideshare.net/Frank.van.Harmelen/the-end-of-the-scientific-paper-as-we-know-it-or-not>.

■ 100

<https://www.wikidata.org/>.

### Forschungsdaten als Problem: NFDI4Culture

»Unter digitalen Forschungsdaten verstehen wir [...] alle digital vorliegenden Daten, die während des Forschungsprozesses entstehen oder ihre Ergebnisse sind«. <sup>101</sup> Je umfangreicher die Rolle wird, die der Computer bei der forschenden Praxis spielt, und je mehr auch Prinzipien der Kollaboration und der Nachnutzung greifen, desto mehr rückt die Frage nach der Speicherung von Basiserhebungen, Zwischenschritten und Ergebnissen in den Vordergrund. Die Frage betrifft nicht allein die konkreten Erfordernisse der praktischen wissenschaftlichen Arbeit: In den letzten Jahrzehnten hat die Forschung ihr Augenmerk auch auf selbst-reflektierende Aspekte wie Epistemologie und Wissenschaftsgeschichte gerichtet. Für die Frage »Wie geht der wissenschaftliche Erkenntnisprozess vonstatten« wird Untersuchungsmaterial benötigt. In der analogen Welt hat man dafür bisher Laborprotokolle, Notizbücher, Sammelmappen, Vortragsmanuskripte etc. von Wissenschaftler\*innen herangezogen. Seit jeher ist diese Materialgattung fragil und läuft stets Gefahr, unbedacht entsorgt zu werden. Im digitalen Zeitalter, wo derlei Zeugnisse meist nur noch immateriell vorliegen, droht das Vergessen durch Festplattencrash und abhanden gekommene Laptops.

Das Thema »Forschungsdaten« ist infolgedessen seit einigen Jahren in das Bewusstsein der Öffentlichkeit und der verantwortlichen Stellen im Bereich der Wissenschaftsorganisation gelangt. Die Reaktion auf das Problem war in Deutschland die Gründung eines Vereins zur Förderung der »Nationalen Forschungsdateninfrastruktur« (NFDI). Auch die Kunstgeschichte hat die Zeichen der Zeit erkannt und sich gemeinsam mit der Musikwissenschaft und anderen Nachbardisziplinen in dem Konsortium »NFDI4Culture« engagiert, das im Sommer 2020 die Förderungszusage bekommen hat. <sup>102</sup>

Der Schwerpunkt des Interesses jedoch hat sich gegenüber der Definition von Forschungsdaten ein wenig verschoben. Aus heutiger Sicht des Konsortiums sind Forschungsdaten in der Kunstgeschichte in erster Linie solche Daten, die von anderer Seite erzeugt und von der Forschung benötigt werden. Zwei Kategorien wurden ausgemacht: »Digital Representations of Cultural Assets« (Fotos, 3D-Scans, 3D-Modelle) und »Procedural Research Data« (Formate für Grafikdaten, 3D-Daten, Kodierungen, Datenmodelle). <sup>103</sup> Die hier gemeinten Daten betreffen vor allem Inhalte, die bei den sogenannten GLAM-Institutionen (Galerien, Bibliotheken, Archive und Museen) bei der Inventarisierung ihres Besitzes entstehen und von ihnen verwaltet werden; und Formate, in denen diese Inhalte den Forschenden zur Verfügung gestellt werden. Das verwundert nicht, sind doch Einrichtungen aus diesem Bereich in großer Zahl an dem Konsortium beteiligt. Man wird aber kaum behaupten wollen, dass diese Daten vorrangig in einem Forschungszusammenhang erzeugt oder erhoben werden. Im Gegenteil: Die von der individuellen Forschung oder von Projekten gesammelten und im Verlauf des Forschungsprozesses erzeugten Daten finden bei den genannten Institutionen in der Regel keine Heimat.

Es herrscht also noch beträchtlicher Handlungsbedarf, wenn es um die Verarbeitung, Speicherung und Interoperabilität der eigentlichen Forschungsdaten geht. Kunsthistorische Forschung hat ja, vor allem wenn sie an Universitäten und Forschungsinstituten betrieben wird, nicht nur die Aufgabe, Informationen und Daten über Gegenstände im Kulturräum, in Museen und in Archiven zu sammeln, um diese näher zu bestimmen und besser klassifizieren zu können.

■ 101  
<https://forschungsdaten.info/themen/informieren-und-planen/was-sind-forschungsdaten/>.

■ 102  
<https://nfdi4culture.de/>; <https://riojournal.com/article/57036/>.

■ 103  
<https://nfdi4culture.de/#focus>.

Die Schwerpunkte liegen oft gar nicht auf dem Einzelstück, sondern auf Zusammenhängen, inhaltlichen oder gesellschaftlichen Konzepten, kulturellen Traditionen und Einflüssen, künstlerischen Ideen und Zielsetzungen – um nur einiges zu nennen, was nicht primär im Visier der genannten Einrichtungen ist. Hierbei sind wiederum auch gerade diejenigen Daten angesprochen, die über das eigentliche Digitalisat – sei es nun ein Bild, ein 3D-Scan oder ein anderes Messergebnis – hinausgehen.

Von solchen Daten, die im eigentlichen Forschungsprozess entstehen, sollte mehr die Rede sein. Gerade im Umgang mit den eigenen Ergebnissen, Sammlungen, Konzepten und Ideen sind die individuellen Forschenden meist allein gelassen. Dabei geht es oft auch um Informationen, die vorläufig, skizzenhaft oder hypothetisch sind und nicht unbedingt den Anspruch auf »verifiziertes Wissen« erheben.

In der Praxis wird sich in einem solchen Knowledge Graph das Wissen mischen: Von Institutionen gesammelte Metadaten zu Artefakten, Kunstwerken, Personen etc., und von individuellen Forscher\*innen beigetragene Forschungsergebnisse, historische Verbindungen, Einordnungen und Erkenntnisse. Museen und Archive werden als »Anbieter« von Wissen auftreten, während ihre Objektdokumentation durch neuere Forschung ergänzt wird. Die bisherigen »Nutzer\*innen«, also die einzelnen Forschenden, verwenden den Knowledge Graph nicht nur als Nachschlagewerk, sondern tragen ihre eigenen Erkenntnisse bei. Eine wichtige Aufgabe wird sein, die Herkunftsquelle des Wissens zu dokumentieren und dadurch die Zuverlässigkeit und Glaubwürdigkeit (**credibility**) des Systems durch wissenschaftliche Autoritäten zu stärken.

## Endlich Bilder? Visuelle Paradigmen im digitalen Raum

Es ist deutlich geworden, dass bis in neuere Zeit die Paradigmen der digital arbeitenden Forschung auch im Fach Kunstgeschichte fast ausschließlich darauf ausgerichtet waren, mit Daten umzugehen, die in Wortform vorliegen und in Strukturen verwaltet werden, die auf Wortebene miteinander in Bezug gesetzt werden – sei es durch beschreibende Texte, sei es durch Schlagwörter und Kategorien, sei es durch Metadaten und semantische Annotationen digitaler Bilder. Erst seit ein paar Jahren gibt es Tendenzen, dem Bild selber eine größere – oder gar ausschließliche – Rolle einzuräumen, nicht zuletzt als fachspezifischer Ansatz im erweiterten Rahmen der **Digital Humanities**. Im Folgenden sollen einige dieser Tendenzen in den Blick genommen werden, wobei die Frage nach dem Verhältnis Wort-Bild in der Forschungspraxis im Vordergrund steht.

### IIIF: International Image Interoperability Framework

Das wachsende Bewusstsein für die Bedeutung digitaler Bilder für Kultur und Wissenschaften und die damit verbundene Notwendigkeit, Standards für interoperable Formate zu schaffen, hat 2015 zur Bildung des IIIF-Konsortiums geführt. Diese von zahlreichen Institutionen (vor allem Universitäten, Bibliotheken und Archiven) getragene Gemeinschaft definiert mehrere APIs (**application programming interfaces**), also standardisierte Formate und Mechanismen zur Bereitstellung von Bildern im Internet. <sup>104</sup>

Die **Presentation API** definiert, wie »Manifest«-Dokumente aufgebaut sein müssen, die präsentationsorientierte Anweisungen und Metadaten enthalten. Manifeste sind bei der anbietenden Institution abrufbar. Sie regeln vor allem die Anzeige zusammengehöriger Bildfolgen: Hauptanwendungsbeispiele sind digitalisierte Manuskripte, Bücher, Zeitungen, Briefe und anderes Archivmaterial. So können Bildressourcen mit browserbasierten Viewern auf gleiche, »interoperable« Weise angeschaut und verglichen werden. Zusätzliche inhaltliche Textinformationen zur Bildherkunft und zur Navigation können im Manifest enthalten sein. Die **Image API** legt die URL-Parameter fest, mit denen ein Bildserver bei der anbietenden Institution angewiesen wird, die gewünschten Bildausschnitte und Manipulationsvorgänge zu berechnen und das Ergebnis an den Browser zu übertragen. Auch diese Funktionen können von Viewern genutzt werden.

Das Framework hat eher die Anwendungsentwicklung im Visier, weniger die konkreten Bedürfnisse der Forschung. Ein willkommener Aspekt von IIIF scheint zu sein, dass bildgebende Institutionen ihre Digitalisate nicht zur freien Nutzung in hochauflösendem Format herauszugeben brauchen, sondern kontrolliert und »häppchenweise« regulieren können. <sup>105</sup> Derzeit erleichtert die Nutzung der IIIF-Standards weder die Suche nach Bildern, noch garantiert sie deren stabile Zugänglichkeit. Die Möglichkeit, Annotationen zu erstellen und zu speichern – etwa, um Bildausschnitte zu beschreiben oder frei mit anderen Ressourcen zu verknüpfen – ist zwar für Manifeste vorgesehen; einer wirklich dynamischen Handhabung von Seiten der praktischen Forschung stehen jedoch derzeit noch viele technische und konzeptuelle Schwierigkeiten entgegen. Der praktische Nutzen für die kunstwissenschaftliche Forschung besteht vor allem in einer Vereinheitlichung des »visuellen Konsums« digitaler Bilder. <sup>106</sup>

### Mapping: Karten als Wissensorganisation

Ein visuelles wissenschaftliches Paradigma, das seit den 1980er Jahren auch in der Kunstgeschichte diskutiert und angewandt wird, ist der sogenannte **spatial turn**. Fragen von Raumordnung, von topografischen und geografischen Bezügen treten seither (wieder) verstärkt in das Bewusstsein der Kultur- und Sozialwissenschaften. <sup>107</sup> In der Kunstgeschichte hat Svetlana Alpers in ihrem Buch »The Art of Describing« von 1983, das sich mit der niederländischen Malerei des 17. Jahrhunderts beschäftigt, als eine der ersten auf die Beschäftigung der holländischen Kunst mit Landkarten und vergleichbaren bildlichen Wiedergaben über Stadt und Land (Panoramen, Vogelschauen) aufmerksam gemacht. <sup>108</sup>

Darüber hinaus hat die Karte in der Kunstgeschichte allgemeinere Bedeutung: Landkarten und Stadtpläne sind nicht nur künstlerische Artefakte, die von Künstlern hergestellt, dekoriert und vermarktet wurden, <sup>109</sup> sondern sie repräsentieren in exemplarischer und expliziter Weise, was auch vielen Bildern

#### ■ 104

<https://iiif.io/>; Video- und Audioresourcen gehören mit zum Konzept.

#### ■ 105

Zugleich ist im Museumsbereich ein Trend zu verzeichnen, Digitalisate von gemeinfreien Kulturgegenständen unentgeltlich, unkompliziert und zur freien Nutzung als Download anzubieten. Das Rijksmuseum Amsterdam ist einer der Vorreiter dieser Entwicklung.

#### ■ 106

Die weiteren APIs sind derzeit zwar spezifiziert, es gibt aber keine Demo-, Test- oder Referenzimplementationen.

#### ■ 107

Vgl. zu den geopolitischen Implikationen von »Raumwissenschaft« in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts und der damit verbundenen Abkehr bzw. erst späten Wieder-Hinwendung zur Kategorie Raum: Stephan Günzel, in ders. (Hg.), *Raumwissenschaften*. Frankfurt a. M. 2009, S. 9–10.

#### ■ 108

Svetlana Alpers, *The Art of Describing: Dutch Art in the Seventeenth Century*. Chicago: University of Chicago Press, 1983.

#### ■ 109

Gerade weil Karten nicht primär zur ästhetischen Rezeption hergestellt wurden, ermöglichen sie der Wissenschaft eine anders geartete Sicht auf die geschichtliche Realität als klassische Kunstgattungen. Historische Karten sind das bildliche Ergebnis eines nüchternen, distanzierenden Blicks, den Zeitgenossen auf die eigene Lebenswelt geworfen haben.

zu eigen ist, nämlich die Absicht des Künstlers, Auftraggebers oder Verlegers, »Ansichten« über die Welt planvoll zu erfassen, zu »ermessen«, modellhaft verkleinert wiederzugeben und visuelle (nicht primär sprachliche) Aussagen darüber zu treffen.

Im Unterschied zu anderen Formen visueller Medien eignen sich Karten in besonderer Weise dazu, im Computer bearbeitet und zu demonstrativen Zwecken verwendet zu werden. Sie haben einen konkreten Abbildungsbezug zu dem Gelände, das auf ihnen wiedergegeben ist: Ähnlich wie sprachliche Texte enthält sie präzise definierte symbolische Zeichen, die sich wiederholen. Diese Bildzeichen stellen nicht etwas dar, sondern stehen stellvertretend für Objekte der Wirklichkeit, sie »bedeuten« sie. Karten können folglich »gelesen« werden. Karten speichern – ähnlich wie Datenbanken – Informationen zu einer Vielzahl von Objekten gleichzeitig. Sie fassen diese Objekte nach bestimmten Kriterien zusammen, ermöglichen einen Überblick durch Zusammenschau – visuell und mit Hilfe der Legende. Zudem zeigen sie Beziehungen zwischen nahe beieinander gelegenen Dingen und Distanzen zwischen weit auseinander liegenden. Hinzu kommen zwei Eigenschaften, die Karten besonders attraktiv machen: Sie können eine große Anzahl von Merkmalen und Informationen miteinander kombinieren, und sie tun dies simultan: Im Prinzip können Betrachter\*innen den gesamten Informationsgehalt mit einem Blick konsumieren und in seiner Gesamtheit erfassen. Dass dieses Simultan-Erfassen die Aufnahmefähigkeit oft übersteigt, liegt auf der Hand. Wenn genügend Zeit zur Betrachtung vorhanden ist, können multiple Bildaussagen aber auch einzeln über »Pfade«, also auf der Karte navigierend, aufgenommen werden.

Karten können sogar aus Daten synthetisch generiert und auf dem Bildschirm angezeigt werden. Wenn mit Hilfe einer elektronischen Karte zusätzliche Informationen zu den topografischen Objekten visualisiert oder erschlossen werden, spricht man von einem Geo-Informationssystem (GIS). <sup>110</sup> Durch die Überlagerung des Kartenbildes mit interaktiven Elementen, die als klickbare Links fungieren, entsteht eine Art von visuellem **markup**, analog zu den Auszeichnungen eines Textes mit Hilfe von **tags**, wie in der Webseiten-Sprache HTML. <sup>111</sup> Das Prinzip ist ähnlich wie bei **HyperImage**, wo ebenfalls das Wissen in einer zweidimensionalen, durch symbolische Objekte bereicherten Fläche organisiert wird.

Mit der räumlichen Visualisierung einer Vielzahl von Gegenständen, die durch abstrakte grafische Symbole repräsentiert werden, geht eine Distanzierung vom Einzelobjekt einher. Auch wenn man bei einem Kartenbild nicht grundsätzlich von einer quantitativen Analyse sprechen kann, ergibt sich ein ähnlicher Effekt wie beim **distant reading** in den Textwissenschaften. <sup>112</sup> Dieser Effekt tritt auch dann auf, wenn man eine historische Karte vor sich hat. Karten sind – wie in der Informatik – stets das Produkt eines **mapping**-Vorgangs, bei dem eine unüberschaubar scheinende Wirklichkeit nach gewissen Regeln abgebildet wird auf eine vereinfachte, leichter fassliche Abstraktionsebene. <sup>113</sup>

Auch wenn der Computer nicht ursächlich für die Entstehung des **spatial turn** gewesen ist, dürfte sich die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit historisch-räumlichen Aspekten der Kunst doch durch die digitale Kartographie deutlich verstärkt haben. <sup>114</sup> Insofern hat sich die kunsthistorische Forschungspraxis durch den Computer deutlich verändert: Karten sind häufiger Forschungsgegenstand, digitalisierte Karten werden online konsultiert, Karten können heute

#### ■ 110

Armin Volkmann: Geographische Informationssysteme. In: Jannidis, F., Kohle, H., Rehbein, M. (Hg.): *Digital Humanities*. Stuttgart 2017, S. 299–314.

#### ■ 111

Image Maps sind Bilder, die in Zonen aufgeteilt sind und mit hinterlegten Links oder per Javascript auf Klicks reagieren.

#### ■ 112

Der Terminus »distant reading« wird allgemein Franco Moretti zugeschrieben, der ihn 2000 in seinem Artikel *Conjectures on World Literature* für einen quantitativen Zugang zu großen Literaturbeständen verwendete.

#### ■ 113

Der ursprünglich nur auf die Kartenherstellung bezogene Begriff des **Mappings** – im Sinn des Eintragens von Daten auf einer räumlichen Darstellungsfläche – wird inzwischen generell für das Übertragen von Daten von einem Datenmodell in ein anderes verwendet.

#### ■ 114

Google Maps, der erste globale Online-Kartendienst, dem Kartendienste anderer Anbieter folgten, wurde ab 2005 eingeführt. **OpenStreetMap** stellt eine offene, kollaborative Alternative zu den kommerziellen Angeboten dar, die auch im akademischen Bereich häufig genutzt wird.

leichter als im vordigitalen Zeitalter ohne fremde Hilfe hergestellt werden, und besonders in digitalen Publikationsformen sind Karten als interaktive Diagramme eine willkommene didaktische Bereicherung für die Leser\*innenschaft.

#### ■ 115

Zur Rolle von 3D-Modellen in der Kunst- und Architekturgeschichte vgl. die Beiträge in Markus Frings (Hg.): *Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte*, Weimar 2001 und Piotr Kuroczyński, Mieke Pfarr-Harfst, und Sander Münster (Hg.): *Der Modelle Tugend 2.0. Digitale 3D-Rekonstruktion als virtueller Raum der architekturhistorischen Forschung*, (Computing in Art and Architecture, Band 2), Heidelberg 2019, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.515>.

#### ■ 116

Beispiel: Martin Raspe, Borromini und Sant'Agnese in Piazza Navona: Von der päpstlichen Grablege zur Residenzkirche der Pamphili, in: *Römisches Jahrbuch der Bibliotheca Hertziana* 31 (1996), S. 313–368.

#### ■ 117

Vgl. Georg Schelbert: Ein Modell ist ein Modell ist ein Modell – Brückenschläge in der Digitalität, in: Kuroczyński, Piotr, Pfarr-Harfst, Mieke und Münster, Sander (Hg.): *Der Modelle Tugend 2.0: Digitale 3D-Rekonstruktion als virtueller Raum der architekturhistorischen Forschung*, Heidelberg, 2019 (Computing in Art and Architecture, Band 2), S. 136–153, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.515.c7449>.

#### ■ 118

Problem der Dokumentation und Archivierung von CAD-Modellen, s. Markus Wacker, Jonas Bruscke: Dokumentation von digitalen Rekonstruktionsprojekten, in: Kuroczyński, Piotr, Pfarr-Harfst, Mieke und Münster, Sander (Hg.): *Der Modelle Tugend 2.0: Digitale 3D-Rekonstruktion als virtueller Raum der architekturhistorischen Forschung*, Heidelberg: [arthistoricum.net](http://arthistoricum.net), 2019 (Computing in Art and Architecture, Band 2), S. 281–294, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.515.c7574>; Bob Martens, Herbert Peter: Virtuelle Rekonstruktion – BIM als Rahmenbedingung für eine langfristige Nutzung von 3D-Gebäudemodellen, in: ebda., S. 313–328, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.515.c7576>.

### 3D-Modelle

Von der zweidimensionalen Karte, die den Raum verkleinert in der Fläche abbildet, ist der gedankliche Schritt zum dreidimensionalen Digitalmodell, das den abgebildeten Raum virtuell repräsentiert, nicht weit. <sup>115</sup> Auch hier ist Präzision gefragt, denn es geht nicht mehr allein um die suggestive Rekonstruktion des Erscheinungsbildes eines Raumkörpers: Bauwerke und Architekturzeichnungen, die materielle und immaterielle Umwelt der Vergangenheit, werden nun exakt vermessen und im digitalen Raum nachkonstruiert. Planungsprozesse, veränderte oder heute verlorene Bauzustände, die bisher fast ausschließlich in beschreibenden Texten evoziert wurden, können heutzutage mit Hilfe von CAD-Programmen anschaulich rekonstruiert werden. 3D-Modelle können beliebig viele Entwicklungszustände festhalten und unterstützen dadurch sowohl den heuristischen Prozess als auch die Visualisierung von Forschungsergebnissen. Nicht selten gelangt man dabei zu Erkenntnissen, die früher ohne Hilfe von Experten nicht erreicht werden konnten. <sup>116</sup> Zugleich können die Ergebnisse sachgerecht dokumentiert werden, etwa mit Hilfe von analytischen Diagrammen oder durch erläuternde Layer mit Annotationen, die im Rechner über die Visualisierung gelegt werden.

Noch ist das digitale Modell nicht zu einer verlässlichen, dauerhaften Publikationsmethode von wissenschaftlichen Ergebnissen herangereift, wofür die Anreicherung der räumlichen Konstruktion mit weiteren Daten vonnöten wäre. <sup>117</sup> Was fehlt, sind außerdem entsprechende Veröffentlichungsformate und standardisierte, auch von Laien handhabbare Instrumente zur Anzeige. Daneben mangelt es derzeit noch an standardisierten Datenformaten und an Möglichkeiten, die elektronischen Modelle langfristig online verfügbar zu halten. <sup>118</sup> Und auch für dieses Beispiel gilt: Ohne textuelle Metadaten fehlt der Anschluss zum Wissenskontext.

### Close reading: Das digitale Vergrößerungsglas

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit digitalen und digitalisierten Karten und 3D-Modellen in der Kunstgeschichte erzeugt – methodisch gesehen – größere Distanz und Abstraktion. Bei der Digitalisierung kulturgeschichtlicher Objekte verhält es sich im gegenteiligen Sinn: Der Gegenstand wird konkreter. Wie kaum eine andere Disziplin ist die Kunstgeschichte auf mediale Repräsentationen ihrer Untersuchungsgegenstände angewiesen. Nur selten sind die Originalwerke den Forschenden ungehindert zugänglich, die Forschung wird also de facto an Surrogaten vorgenommen.

Anfangs arbeitete die Disziplin mit Druckgraphiken, die in der Lehre als Anschauungsmaterial herumgereicht wurden und in wissenschaftlichen Publikationen als Illustrationen dienten. Später traten Diaprojektion und Fotoabzüge an ihre Stelle. <sup>119</sup> Heutzutage werden fast ausschließlich digitale Fotos und Scans verwendet. Dabei ist vor allem die gestiegene Bildqualität festzuhalten. <sup>120</sup> Während in der analogen Fotografie im Fach Kunstgeschichte bis zuletzt – zumindest im Bereich von Skulptur und Architektur – Schwarzweiß-Aufnahmen den Vorzug genossen, hat sich im digitalen Bereich die – möglichst mit Hilfe einer normierten Farbkarte und einem Graukeil exakt kalibrierte – Farbaufnahme durchgesetzt. <sup>121</sup>

Hinsichtlich Auflösungsvermögen, Kontrastumfang und Farbtreue übertreffen heutige Digitalaufnahmen die analoge Fotografie bei weitem. Durch die hohe Detailauflösung wird der Blick auf künstlerische und technische Einzelheiten gelenkt, die auf herkömmlichen Abbildungen in der Forschungsliteratur und auf handelsüblichen Fotoabzügen nicht zu sehen waren. Aufgrund ihrer Pixeldichte sind große Digitalaufnahmen in Printmedien kaum mehr adäquat zu publizieren. <sup>122</sup> Mit entsprechenden zoombaren Viewern kann man sie jedoch in beliebiger Vergrößerung betrachten – wenn sie auf dem eigenen Rechner vorliegen oder online veröffentlicht sind. Hinzu kommen technische und diagnostische Aufnahmen wie Röntgenbilder, Infrarotreflektografien, Mikroskopaufnahmen und Spektrographien. Sie erlauben einen noch genaueren Blick auf die Details. <sup>123</sup> Zudem ermöglicht die Digitalaufnahme, das Kunstwerk am Bildschirm genauer, länger und ausführlicher zu untersuchen, als es im Museum, im Grafikkabinett oder in der Kirche möglich wäre.

Durch die zunehmende Digitalisierung rücken nun Gegenstände in das Licht der wissenschaftlichen Aufmerksamkeit, die zuvor aufgrund der Fragilität des Materials oder anderer konservatorischer Schwierigkeiten im Original kaum zugänglich waren oder aufgrund ihrer geringen Dimensionen schlecht studiert werden konnten, wie Künstler- und Architekturzeichnungen, illuminierte Manuskripte, Miniaturen, Münzen und Gemmen. Durch die gestiegene Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Überprüfbarkeit führt die digitale Technologie die praktische Forschung näher an den Bildgegenstand heran, ähnlich wie ein Vergrößerungsglas: Sie erhöht die Intensität des Studiums. Von sich aus erzeugt die digitale Bildgebung aber keine neuen wissenschaftlichen Methoden und fördert auch keine neue Bedeutung im abgebildeten Objekt zutage.

#### ■ 119

Angela Matyssek: *Kunstgeschichte als fotografische Praxis: Richard Hamann und Foto Marburg*, Berlin 2009. Durch Digitalisierung können zugleich diese historischen Medien wieder nutzbar gemacht und die historischen Wurzeln der digitalen Repräsentationsformen reflektiert werden, wie z. B. das Glasdia-Projekt an der HU Berlin zeigen soll, <http://www.kunstgeschichte.hu-berlin.de/institut/mediathek/projekte/durchblick-digitale-erschliessung-der-historischen-glasdiasammlung-des-ikb/>.

#### ■ 120

Weitere Vorteile der Digitalfotografie sind die vereinfachte Produktion (kein Entwickeln, Fixieren, Trocknen) und die entfallenden Kosten für Filmmaterial.

#### ■ 121

Monika Wagner: *Kunstgeschichte in Schwarz-Weiß. Visuelle Argumente bei Panofsky und Warburg*, in: Monika Wagner, Helmut Lethen: *Schwarz-Weiß als Evidenz*, Frankfurt/M. 2015, S. 126–144. Die Farbkalibrierung ermöglicht die farbechte Weiterverarbeitung des Bildes: [https://de.wikipedia.org/wiki/Kalibrierung\\_\(Farbmanagement\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Kalibrierung_(Farbmanagement)).

#### ■ 122

Auf den oft missverständlich gebrauchten Begriff »Auflösung« soll hier nicht näher eingegangen werden. Die Detailwiedergabe der analogen wie der digitalen Fotografie ist physikalisch begrenzt durch die Lichtbeugung an der Blende des Objektivs. Entscheidend ist die höhere »Informationsfülle« des einzelnen Digitalbildes aufgrund seiner theoretisch unbegrenzten Pixelzahl.

#### ■ 123

Google Arts & Culture (bis 2018 Google Art Project als Präsentation höchst aufgelöster Digitalisate; jetzt Bereich Art Camera; <https://artsandculture.google.com/project/art-camera>, Closer to Van Eyck, <http://closertovaneyck.kikirpa.be/>, The Bosch project, <http://boschproject.org>.

### Distant reading: Kunstgeschichte als Statistik

Mit »distant reading« wird im Bereich der Textwissenschaften meist eine wissenschaftliche Methode bezeichnet, bei dem nicht die individuelle Schöpfung ins Visier der Betrachtung genommen wird, sondern an einer größeren Untersuchungsmasse von Texten quantitative Messungen und Überlegungen angestellt werden. <sup>124</sup> Dazu werden natürlich in erster Linie Aspekte herangezogen, die leicht mit Hilfe des Computers aus größeren Textmengen herausgefiltert werden können – also Wortzählungen, messbare stilistische Eigenarten, Personenkombinationen in Dramen etc. Aufgrund dieser Erhebungen werden mit statistischen Verfahren kulturgeschichtliche Aussagen generiert. Wie auch immer man die Fragestellungen und die daraus gefolgerten Ergebnisse einschätzen mag: Sicher ist, dass auch hier ohne die zugehörigen »Metadaten«, die beispielsweise angeben, von wem und von wann ein Text geschrieben wurde, historisch relevante Aussagen nicht möglich sind.

Auf die Disziplin Kunstgeschichte übertragen, erscheint die wissenschaftliche Realität anders als in der theoretischen Vorstellung der **Digital Humanities**. Die Voraussetzungen für das »distant reading« in einer großen Menge digitaler Bilder sind hier sehr viel problematischer. Zunächst ist passendes Material für derartige Untersuchungen nicht ohne weiteres vorhanden: Kontrollierte, aussagekräftige Bildcorpora stehen im erforderlichen Umfang noch kaum zur Verfügung. Die statistische Verteilung der Einzelobjekte und die Homogenität der Datenbasis sind oft nur schwer einzuschätzen. Das gleiche gilt für die Bildqualität der Abbildungen, die für die Analyse zur Verfügung stehen: Im Idealfall sollten sie alle die gleichen Aufnahmekriterien erfüllen, damit die Originalobjekte möglichst vergleichbar repräsentiert sind. Es ist unmittelbar deutlich, wie schwierig das ist, wenn die Abbildungen aus unterschiedlichen Quellen (Bildarchive, Museen, Druckwerke) stammen. Die Extraktion zuverlässiger elektronischer Textfassungen aus historischen Druckwerken ist demgegenüber vergleichsweise einfach.

Auch wenn man nicht Abbildungen, sondern nur »Metadaten« von Kunstwerken statistisch untersucht, braucht man eine große, inhaltlich kontrollierte Menge an Daten, um zu historischen Aussagen über die Entwicklung von kulturellen Phänomenen zu gelangen. Hinzu kommt der kaum jemals genau abschätzbare Verlust an Überlieferung. Er hat eine unwägbare Fehlerquote für die statistische Auswertung zur Folge, insbesondere dann, wenn man aus dem Material Aussagen über beschränkte Zeiträume oder Regionen ableiten möchte.

Wohl nicht zuletzt aus diesem Grund sind bislang kaum nennenswerte kunsthistorische Erkenntnisse mit Hilfe von Methoden aus dem Bereich der Digital Humanities erzielt worden. Die quantitative Durchmusterung führt nicht selten zu Ergebnissen, die in der Gesamtschau dem entsprechen, »was man im Grunde immer schon wusste«. Im Einzelnen sind sie oft wenig aussagekräftig. Ein Beispiel ist die Visualisierung »A network framework of cultural history« von Maximilian Schich. <sup>125</sup> Sie verwendet die Geburts- und Sterbeorte und -daten von Künstler\*innen mehrerer Jahrhunderte, so dass ihre »Migrationen« an andere Orte sichtbar werden. Künstler\*innen, die ortsfest geblieben oder in ihren Heimatort zurückgekehrt sind, gehen in der Visualisierung verloren, so dass man keine Mengenvergleiche anstellen kann.

Der Datenbestand zeigt vor allem, dass es viele Künstler\*innen in die jeweils wichtigen Kunstzentren ihrer Zeit zog – eine Erkenntnis, die bekannt war,

#### ■ 124

[https://en.wikipedia.org/wiki/Distant\\_reading](https://en.wikipedia.org/wiki/Distant_reading).

#### ■ 125

Maximilian Schich, Chaoming Song, Yong-Yeol Ahn, Alexander Mirsky, Mauro Martino, Albert-László Barabási, and Dirk Helbing. »A network framework of cultural history. *Science* 345, no. 6196 (2014): 558–562, <https://doi.org/10.1126/science.1240064>.

aber bisher auf traditionelle, weniger »objektive« Weise gewonnen wurde. Detailliertere Vergleiche, Gemeinsamkeiten zwischen Künstler\*innen oder Gründe für die Beliebtheit einzelner Orte werden aus der Distanz des Visualisierungs-Panoramas nicht sichtbar. Alle näheren Umstände bleiben ausgeblendet. Selbst die historische Zeitstellung bleibt im Ergebnis unscharf, da nicht der Zeitpunkt des Ortswechsels und die Aufenthaltsdauer erfasst sind, sondern nur das Datum des Ablebens am Zielort.

In größeren kunsthistorischen Forschungsprojekten kommt »distant reading« bisher nur sehr sporadisch zur Anwendung, auch wenn behauptet wird, um 2010 habe ein »quantitative turn« in der Kunstgeschichte eingesetzt. <sup>126</sup> Entsprechende Forschungsfragen sind noch selten. Dies liegt zum Teil an den beschriebenen schwierigen Voraussetzungen, aber auch daran, dass es bei den Forscher\*innen im Fach Kunstgeschichte an Expertise in den verwendeten statistischen und technologischen Verfahren fehlt. In der kunsthistorischen Community ist derzeit noch die Ansicht verbreitet, dass statistische Verfahren für die meisten wissenschaftlich interessanten Fragestellungen ungeeignet sind – weil man einem qualitativen Erkenntnisansatz grundsätzlich den Vorzug gibt, aufgrund unzureichender Materialbasis oder wegen des zu hohen Vorbereitungsaufwands.

### Computer Vision

Von der quantitativen Untersuchung von Daten-Corpora mit Hilfe von computergestützten Statistik- oder Netzwerk-Analysen ist es nur noch ein kleiner Schritt zur »Computer Vision«. Mit diesem Terminus werden unterschiedliche technische Verfahren zusammengefasst, mit deren Hilfe man aus digitalen Bildern formale und »semantische Aussagen mit Hilfe des Rechners gewinnen möchte. Vergleich und Bewertung von Ähnlichkeiten zwischen Bildern, automatische Erkennung von Gegenständen, Gesichtern, Figuren, Haltungen, Bildmotiven, ja sogar von ikonographischen Themen und stilistischer Einordnung: Dies sind die Gebiete, die für die kunstgeschichtliche Forschung besonders interessant sind und in denen Versuche unternommen werden. <sup>127</sup> Sobald zahlreiche Bilder parallel untersucht werden, bieten sich auch hier statistische Auswertungen an – mit ähnlichen Einschränkungen wie beim Distant Reading.

Die Motivation von Seiten der Kunstgeschichte sich mit solchen digitalen Analyseverfahren zu beschäftigen, liegt auf der Hand. Erstmals erscheint die genuin »geistige« Tätigkeit einer Geisteswissenschaft von der Automatisierung betroffen: Wird der Rechner eines Tages in der Lage sein, formale Untersuchungen von visuellem Material und inhaltliche Schlussfolgerungen schneller, genauer und weniger fehleranfällig als der Mensch durchzuführen? Noch besteht die Gefahr nicht, dass die Informationstechnologie die Kunsthistoriker\*in überflüssig macht, insofern erscheint es berechtigt, von einer »Vision« zu sprechen. Vertreter der Disziplin wie Lev Manovich sind aber bereits heute von der Überlegenheit der neuen Methode überzeugt.

»Numerical measurements of cultural artifacts, interactions and behaviors give us a new language to talk about cultural artifacts and experiences. This language is closer to how the senses represent analog information (sounds, music, colors, spatial forms, movement, etc.)« <sup>128</sup> Manovich zufolge sind aus Digitalbildern gewonnene Maße und Zahlen zuverlässiger und daher angemessener, um kulturelle Hervorbringungen zu beschreiben, als die menschliche Sprache selbst.

#### ■ 126

Lev Manovich, »Computer vision, human senses, and language of art AI & Society (2020), paragraph »Computer vision and digital humanities«, <https://doi.org/10.1007/00146-020-01094-9>.

#### ■ 127

Vgl. zum Spektrum der Analyse von Bilddateien bspw. Ruth Reiche, »Digitale Ikonik«, in: *Bilddaten in den Digitalen Geisteswissenschaften*, Canan Hastik, Philipp Hegel (Hg.), (Episteme Bd. 16) Wiesbaden 2020, S. 116–131. Hier ist jedoch zugleich festzustellen, dass die konkreten Beispiele (Farbdifferenzen Macke u. Marc) nur kleine Ausschnitte typischer Forschungsfragen betreffen, also eher als Teiluntersuchungen zu sehen sind. Andererseits bemerkenswert, dass die Analyse der Bilddaten selbst gegenüber der Analyse von Text und Metadaten im Handbuch *Fotis Jannidis, Hubertus Kohle, Malte Rehbein, Digital Humanities. Eine Einführung*. Stuttgart 2017, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-476-05446-3> immer noch eine untergeordnete Rolle spielt (vgl. insbes. Abschnitt IV, »Digitale Methoden«, S. 253–342).

#### ■ 128

Manovich 2020, S. 4 (unnummeriert).

Sprache könne nur sehr unzulängliche Beschreibungen liefern, bei denen sie mit unscharfen Begriffen Einzelheiten und Unterschiede zu fassen suche.

Grundsätzlich gesehen trifft das natürlich zu. Jedwede automatisierte Untersuchung digital erfasster Bilddaten kann mit Hilfe von Software extrem viel schneller, vielseitiger und zuverlässiger überprüfbar vorgenommen werden, als man sprachliche Charakterisierungen in Textform jemals formulieren könnte. Trotzdem stellt sich die Frage: Kann das in numerische Codes überführte Digitalbild in der wissenschaftlichen Argumentation eine Rolle spielen? Eine größere Rolle vielleicht sogar, als die Betrachtung und Beurteilung des Originalwerks durch den wissenschaftlich reflektierenden Menschen?

Für die gegenwärtige kunsthistorische Forschung stellt **Computer Vision** derzeit sicherlich keine Bedrohung, aber auch noch keine sonderlich brauchbare Hilfestellung dar. Das liegt zum Teil daran, dass in der Disziplin noch wenig Kenntnisse und Erfahrungen über die Anwendung der Methodik vorhanden sind. Die Methode der **Computer Vision** hat ihrerseits bisher kaum Ergebnisse vorgelegt, die aufzeigen würden, in welcher Hinsicht sie die praktische Forschung unterstützen könnte.

Es liegt auf der Hand, dass beispielsweise eine digitale Ähnlichkeitssuche sehr schnell und komfortabel Duplikate, Kopien und Nachahmungen, Stichvorlagen und Reproduktionen in größeren Bildbeständen ermitteln kann. Ebenso nützlich dürfte es sein, gelegentlich die dargestellten Gegenstände auf »herrenlosen« Digitalaufnahmen mit Hilfe einer maschinellen Bildersuche identifizieren zu können. Schon eine Bildersuche bei Google oder TinEye bringt zuweilen erstaunliche Treffer zustande. Für derartige Anwendungsfälle wird es in Zukunft darauf ankommen, dass möglichst viele Bildbestände von Museen, Archiven, Sammlungen und Denkmalämtern in die entsprechenden Trainingsdaten und in durchsuchbare Corpora Eingang finden.

Für die praktische Forschung sind die schwierigeren Fälle interessanter. Vor allem, wenn es um Motive und ikonographische Bildinhalte geht, könnte sie von intelligenten Suchmöglichkeiten profitieren. Auf diese Weise könnten Forscher\*innen wesentlich schneller Arbeitsmaterial zusammentragen und passende Werke automatisiert nach inhaltlichen Kriterien herausfiltern bzw. vorsortieren. Allerdings sind die technischen Beschränkungen der neuen Methodik offensichtlich – es wird sicherlich noch einige Zeit brauchen, sie zu überwinden.

Ein grundsätzlicher Einwand betrifft das Untersuchungsmaterial selbst: Computer Vision kann nur mit Digitalbildern operieren, und derzeit auch nur mit Bildern von zweidimensionalen Bildgegenständen. Das bedeutet: Ein Großteil der Forschungsthemen kann in absehbarer Zeit gar nicht mit der Methode bearbeitet werden. Skulpturen, kunstgewerbliche Gegenstände, Bauwerke sind nur dann verwendbar, wenn sie orthogonal von der Hauptansichtsseite her aufgenommen wurden. Schräge, verzerrte oder perspektivische Ansichten, unterschiedlicher Licht- und Schattenwurf oder Ausschnitte führen rasch dazu, dass Ähnlichkeiten und sogar Identitäten nicht mehr erkannt werden. Überspitzt gesagt: Computer Vision vergleicht Fotos, aber keine kulturhistorischen Objekte. Mit umfangreicherem Trainingsmaterial und verbesserten Modellen wird aber vielleicht bald schon auch diese Hürde fallen.

In der ontologischen Distanz zwischen dem Kunstwerk selbst und seiner digitalen Ablichtung liegt ein grundsätzliches Problem: Mit der Digitalisierung

verliert das Objekt sein räumliches Erscheinungsbild und seinen kulturellen Kontext. Wichtige Umstände fließen nicht in den Untersuchungsvorgang ein, wie zum Beispiel die absoluten Maße, die Rahmung, die Rückseite, die Aufstellung, weitere Teile (bei mehrteiligen Ensembles) <sup>129</sup>, die haptische Oberflächenwirkung, und natürlich sämtliches weiteres »Wissen«, das nur in Form von »Metadaten« in die Untersuchung einfließen kann. Automatisiert vergleichbar sind derzeit vor allem Werke ähnlicher Machart mit vielen gemeinsamen Eigenschaften, wie zum Beispiel eine Serie von Titelblättern des »Time Magazine«. <sup>130</sup>

Die aus den Digitalbildern extrahierten Messwerte sollen »eine bessere Sprache zur Beschreibung der analogen Dimensionen von visueller Kultur« bilden. <sup>131</sup> Ziel ist es, die Sinneswahrnehmungen des Menschen zu objektivieren, um Aspekte wie den künstlerischen »Ausdruck« mess- und vergleichbar zu machen. Hierbei wird allerdings anscheinend übersehen, dass Sinneseindrücke notorisch subjektiv sind, und sich bereits zwei Betrachter\*innen in der Bewertung des im Kunstwerk Gesehenen oft nicht einig werden. Meinungen gehen stets auseinander, und selbst scheinbar neutral beschreibende Attribute wie »kräftig« und »filigran« variieren in der Anwendung, so dass die Messbarkeit davon abhängt, welche persönliche Auffassung zu Grunde gelegt wurde. Hinzu kommt, dass der Ausgangspunkt von Manovichs Messungen selbst nicht ein absolut definiertes Kriterium, sondern stets sprachlicher Natur ist: »We used online computer vision service that measured the degree of smile in each photo on 0–100 scale. I doubt that you will be able to differentiate between smiles on such a fine scale«. Welche Aktivität der Gesichtsmuskulatur vom Messgerät als »Lächeln« verstanden wird, hängt letztlich davon ab, welche Gesichtsausdrücke menschliche Betrachter\*innen mit dem sprachlichen Begriff assoziieren.

Es erscheint naiv, aus subjektiven Urteilen eine objektivierte Prozentskala der Lächel-Intensität entwickeln zu wollen: Welchen Gradwert erhielt die Mona Lisa? Welchen im Vergleich dazu der lächelnde Engel im Portal der Reimser Kathedrale? Ebenso naiv erscheint die Vorstellung, Kunstwerke würden das Muskelspiel eines menschlichen Antlitzes getreu nachbilden. Durch den numerischen Vergleich von digitalisierten Kunstwerken mit den errechneten Werten eines statistisch ermittelten Durchschnittsgesichts kämen wir der kulturellen Deutung des Phänomens vermutlich um keinen Schritt näher, selbst wenn noch weitere Parameter in den Vorgang einbezogen würden. <sup>132</sup> Im Übrigen spielt das mysteriöse Lächeln, anders als in der Populärkultur, in der wissenschaftlichen Erforschung der Mona Lisa so gut wie keine Rolle. Fragen der Identifizierung der dargestellten Person und der Datierung sind weiterhin strittig, und ohne diese Basis steht jede Untersuchung zur Bedeutung des Gesichtsausdrucks auf tönernen Füßen.

Aus den genannten Gründen ist die propagierte größere methodische Objektivität der **Computer Vision** nur scheinbar. Das Hauptargument in der kunstwissenschaftlichen Untersuchung eines Gegenstandes wird auch in Zukunft die »anschauliche Evidenz« bleiben. Sie entsteht durch die individuelle Sinneswahrnehmung der Betrachter\*innen selbst; sie bestätigt sich im konkreten Vergleich mit anderen Werken und im Dialog mit anderen Forscher\*innen. Letztlich ist geisteswissenschaftliche Deutung vom Konsens der Community abhängig. Darum muss sie sich grundsätzlich der sprachlichen Form bedienen. Eine pseudowissenschaftliche Objektivierung wird in diesem Diskurs keinen ernstzu-

#### ■ 129

Dazu gehören die verschiedenen Formen von Bilder-Ensembles und -Zusammenstellungen, die Felix Thürlemann als »Hyperimages« untersucht hat (Felix Thürlemann: Mehr als ein Bild. Für eine Kunstgeschichte des hyperimage, München 2013).

#### ■ 130

<http://manovich.net/index.php/exhibitions/timeline>; Lev Manovich, »The Expanding Field of Graphic Design, 1900–2000« (Breda, the Netherlands: The Graphic Design Museum, 2010), 57. Humanities (The Magazine of the National Endowment for the Humanities) 32, no. 2 (March/April 2011): 10–11.

#### ■ 131

Manovich 2020.

#### ■ 132

Vgl. Daniela Neri, Die Geschichte des Lächelns in der Kunst: Warum zeigten Gemälde in der Vergangenheit nur selten Menschen mit einem Lächeln auf den Lippen? An diesem journalistischen Aufsatz zeigt sich, wie vage und wechselhaft Charakterisierungen des Lächelns ausfallen. Eine numerische Klassifizierung der besprochenen Werke könnte wohl kaum als Argument für die eine oder andere Interpretation dienen, <https://www.barnebys.de/blog/a-history-of-the-smile-in-art>.

## ■ 133

Der von Missomelius 2014 konstatierte »Glaubwürdigkeitszuwachs von Mathematisierungen im Sinne steigender Relevanz von Statistik und Empirie, aber auch Quantifizierung, Mess- und Zählbarkeit« wird hier ad absurdum geführt.

## ■ 134

<https://de.wikipedia.org/wiki/DALL-E>.

## ■ 135

Björn Ommer, Matthias Wright: Image Synthesis as a Method of Knowledge Production in Art, *International Journal for Digital Art History* 8, 2021, 155–157, <https://journals.uni-heidelberg.de/index.php/dah/article/download/83934/78301>.

nehmenden argumentativen Beitrag leisten können. 133

Hinzu kommt die grundlegende Problematik aller Verfahren, die mit Machine Learning, »künstlicher Intelligenz« und digitalen neuronalen Netzen arbeiten: Es lässt sich im Nachhinein nicht nachvollziehen oder überprüfen, wie das vom Computer gefundene Ergebnis zustande gekommen ist. Eine Begründung für seine Entscheidung liefert das Gerät nicht; unklar ist meist auch, welche Merkmale oder technischen Parameter eines Bildes vom Computer herangezogen und für wichtig erachtet werden. Damit ist ein wesentliches Element des wissenschaftlichen Arbeitens nicht mehr gegeben, nämlich die Überprüfbarkeit der Ergebnisse. Andere könnten das »Experiment« zwar mit den gleichen Daten und Software-Programmen wiederholen und würden zum gleichen Ergebnis kommen, dies wäre aber keine unabhängige Bestätigung.

In jüngster Zeit ist ein Verfahren bekannt geworden, das den umgekehrten Weg geht, also digitale Bilder nicht analysiert, sondern aus Beschreibungen synthetisiert. Durch deep learning, also mit Hilfe neuronaler Netzwerke, die anhand von umfangreichen Bildsammlungen und Metadaten trainiert wurden, kann eine Software wie DALL-E aus Beschreibungen »fotorealistische« Digitalbilder erzeugen, die den natursprachlichen Vorgaben entsprechen. 134 Die neue methodologische Richtung versucht, derartige synthetisch erzeugte Digitalbilder als »epistemische Instrumente« zu verwenden: Sie sollen zu einem »valuable tool for the analysis process« werden. 135

Wie der hermeneutische Vorgang im Einzelnen ablaufen soll, wird allerdings noch nicht recht klar. Wichtig dabei scheint zu sein, dass die Software neue Bilder »im Stil von Munch« oder anderer Maler\*innen erzeugen kann, entweder anhand kompositioneller Vorlagen (zum Beispiel einer fotografierten Straßensicht) oder sprachlich formulierter Vorgaben (»ein Hund mit Baskenmütze im Stil von Picasso«). Welcher Stilbegriff hier zum Tragen kommt, bleibt offen. Das bei Wright und Ommer abgebildete Beispiel ist nur in Hinsicht der (digital fingierten) pastosen Malweise und der verwendeten Farbpalette mit Werken von Munch vergleichbar. Ansonsten würden Kunstwissenschaftler\*innen das synthetisch entstandene Digitalbild wohl kaum als »in Munchs Manier gemalt« einstufen oder gar dem Künstler zuschreiben. Einen kunsthistorischen Turing-Test besteht die Methode zur Zeit noch nicht.

Interessanterweise liegt auch in diesem Fall der Ausgangspunkt der Methode in einer Beschreibung in menschlicher Sprache, und nicht in einem Digitalbild. Welchen Einfluss die jeweils verwendete (Mutter-)Sprache auf das Ergebnis hat, ist mangels verfügbarer Beschreibungs corpora derzeit noch unklar. Fraglich ist auch, wie die Software mit abstrakter oder gegenstandsloser Kunst umgehen wird, also in Fällen, wo es auch dem betrachtenden Menschen schwerfällt, das Gesehene mit Hilfe einer sprachlichen Beschreibung zu charakterisieren. Vielleicht kann hier der sprachliche Hilfsbegriff »Stil« das neuronale Netz dazu veranlassen, die visuellen Trainingsdaten passend auszuwerten.

Noch ist der Nutzen für die kunsthistorische Forschung nicht deutlich erkennbar: Wie können synthetisch generierte Digitalbilder, die zum Beispiel »eine Komposition in rotem und schwarzem Buntstift auf weißem Hintergrund im Stil von Cy Twombly« zeigen, dabei helfen, das Werk des Künstlers besser zu verstehen? Möglicherweise können derart digital erzeugte »Fälschungen« die Forschenden veranlassen, genauer hinzuschauen und die spezifische Eigenart des Originals deutlicher wahrzunehmen. Ohne Sprache kann allerdings auch hier kein Ergebnis festgehalten werden.

## And now, back to reality!

■ 136

Torberg, Friedrich: *Die Erben der Tante Jolesch*, München/Wien 1981, S. 161.

Mit diesem Satz kündete der Tenor Richard Tauber während des Zweiten Weltkriegs in London dem Publikum die Fortsetzung einer Operettenaufführung an, die wegen eines Fliegeralarms unterbrochen werden musste. <sup>136</sup> In einem ähnlichen, wenn auch vielleicht weniger grotesken Dilemma befindet sich die Kunstgeschichte heute: Soll sie festhalten an den traditionellen Gegenständen und Methoden? Ist das eine realistische Perspektive oder huldigt sie damit lediglich einem sentimental, künstlerisch verbrämten Vergangenheitskult? Oder ist die gefürchtete Technisierung und Quantifizierung der Geistes-Wissenschaft längst Realität, der man sich stellen muss, wenn man nicht im schützenden Bunker bleiben möchte?

Ein Appell für einen pragmatischen »Realismus«, was die digitale Zukunft des Fachs betrifft, ist hier fehl am Platz. Die Leitfrage sollte lauten: Wo (und mit welchem zu erwartenden Resultat) können digitale Techniken die praktische kunsthistorische Forschung unterstützen, erleichtern, vereinfachen oder beschleunigen? Ebenso sollte die Gegenprobe gemacht werden: Wo sind kaum deutliche Verbesserungen zu erwarten? Wo kann Entwicklungsarbeit eingespart oder der Zukunft überlassen werden?

Die folgende Übersicht stellt einige praktische Forschungsaspekte zusammen, bei denen eine digitale Bildwissenschaft derzeit an methodische Grenzen stößt.

- Kunstwerke werden vergleichsweise selten beschrieben oder formal analysiert; wenn es geschieht, dann meist in sehr spezifischer Hinsicht, die nicht ohne weiteres digital zu verallgemeinern ist.
- Nur gelegentlich wird nach »neuem«, also unbekanntem oder wenig bearbeitetem Bildmaterial gesucht; meist nimmt die Forschung von Bekanntem ihren Ausgang. Bildsuchen erfolgen oft nicht primär nach dem Kriterium formaler Ähnlichkeit, sondern im Hinblick auf inhaltliche oder historische Zusammenhänge. Dazu muss das unbearbeitete Bildmaterial zunächst mit Metadaten versehen werden.
- Farbuntersuchungen spielen bisher eine eher untergeordnete Rolle; das könnte sich in Zukunft ändern, wenn mehr hochwertige, farbtreue Digitalaufnahmen und mehr naturwissenschaftliche, »diagnostische« Daten zur Maltechnik vorliegen.
- Formal vergleichbare Kompositionen werden von Bilderkennungssoftware in der Regel nicht als ähnlich erkannt, die Suche liefert entweder kein Ergebnis oder eine zu große Treffermenge. Die bei Kompositionsvergleichen zu berücksichtigenden Merkmale sind individuell sehr verschieden; neuronale Netze sind nicht justierbar, sondern müssen für jede Aufgabe neu trainiert werden. Dafür müssten zuvor erstellte, fallspezifische Trainingsdaten vorliegen.
- Inhaltlich vergleichbare Motive werden häufig gesucht, sind aber in der Kunst oft sehr unterschiedlich dargestellt worden, daher für Bilderkennungssoftware schwer zu trainieren. Die Menge an Trainingsdaten, die notwendig wäre, übersteigt nicht selten den Umfang des überlieferten Materials, das digital vorhanden und aufgearbeitet ist.

- Vergleichbare Körperhaltungen werden häufig gesucht, allerdings vorwiegend in »klassischen« Epochen (Renaissance, Barock, Klassizismus); bei beliebten Körperhaltungen sind große Treffermengen zu erwarten, in denen die historisch relevanten Beispiele untergehen. Für eine sinnvolle Einschränkung der Suchergebnisse müsste man anhand von Metadaten filtern, die nicht im Bild enthalten sind und in den Bildcorpora meist fehlen.

### **Bilder verarbeiten mit Worten**

»Ein Bild sagt mehr als tausend Worte«, behauptet ein abgegriffener Gemeinplatz – er trifft aber nur zu, wenn das Bild dazu dient, einen sprachlichen Diskurs zu illustrieren oder zu verdeutlichen. Bilder ohne Worte sagen nichts: Sie sind sprachliche Waisenkinder. Kunstgeschichte ist diejenige Wissenschaft, die den verwaisten Bildern – und nicht nur den Bildern, sondern auch den Bildwerken, Bauwerken und kunsthandwerklichen Gegenständen – den im Laufe der Geschichte abhandengekommenen Diskurs zurückgibt und ihren historischen Kontext rekonstruiert. Dies geschieht mit Worten. Die Hilfestellung, die ihr der Computer und das Internet leisten können, sind auf der Wortebene noch lange nicht ausgeschöpft. Dass sich das Fach in eine geschichtslose »digitale Bildwissenschaft« verwandeln müsse, um die digitalen Hilfsmittel auszuschöpfen, ist eine Vorstellung, die zur Zeit nicht plausibel erscheint. Sie wird von den meisten Fachkolleg\*innen nicht geteilt.

Im Gegenteil – ein realistischer Blick auf die Praxis der kunsthistorischen Forschung erweist: Auch digitale Bilder sind praktisch sinnlos ohne Worte – insbesondere dann, wenn sie Kunstwerke reproduzieren, die in der Vergangenheit entstanden sind und deren Entstehungskontext nicht mehr offensichtlich ist. Kunstwerke zu identifizieren, beschreiben, klassifizieren, ordnen, interpretieren, verständlich machen – all das geht nicht ohne das Wort. Wörter formieren sich zu Begriffen, zu Kategorien, zu Konzepten, zu Narrativen: Genau für diese Schritte bietet sich der Computer an. Formulieren, sammeln, vergleichen und gruppieren: Es ist gerade das »wissenschaftliche Schwarzbrot« der Kunstgeschichte, bei dem der Computer seine Stärken ausspielt. Und zwar besonders dann, wenn er nicht allein von Computereexpert\*innen programmiert wird, sondern wenn der Einsatz von wissenschaftlichen Fragestellungen geleitet ist. Es sollte Ziel der **Digital Humanities** sein, den Rechner zum Werkzeug der Wissenschaft zu machen, und nicht die Methoden dem digital Machbaren anzupassen.

Daher erscheint es notwendig, sich stärker an der Forschung zu orientieren. Museen, Bibliotheken und Archive sollten sich nicht nur mit der Vermittlung an ein allgemeines Publikum beschäftigen, sondern – vor allem im digitalen Bereich – den praktischen Bedürfnissen der Forschung entgegenkommen. Die Institutionen können den Forschenden schlecht vorgeben, mit welchen Verfahren sie arbeiten sollen: Die Anforderungen an das digitale Instrumentarium müssen von der Forschung selbst gestellt werden.

Insbesondere unter der Voraussetzung, dass der Wert der Anwendung digitaler Methoden für die kunsthistorische Forschung nicht in punktuellen Kalkulationen, sondern im digitalen Zugriff auf Material in der Breite liegt, wären die Aufgaben des Digitalen insbesondere in den folgenden Bereichen zu sehen: den Bezug zur tatsächlichen Forschungspraxis zu suchen und herzustellen; technische Unterstützung zu leisten, wo die Beantwortung einer Fragestellung die

Recherchekapazitäten der einzelnen Forscher\*in übersteigt; Infrastrukturen zu schaffen, die Zeit sparen, indem sie repetitive Tätigkeiten überflüssig machen; vor allem aber stabile elektronische Nachweis- und Referenzsysteme aufzubauen, die das traditionelle System von Fußnoten und Bibliographien nach und nach ersetzen und so die Wissenschaft mit unmittelbar nachprüfbareren Belegen zu versehen; immer mehr hochaufgelöstes digitales Bildmaterial bereitzustellen, um ein intensiveres Studium der Gegenstände zu ermöglichen, als es früher möglich war, und fragile Materialbereiche besser zu erschließen (Handzeichnung, Buchmalerei, Textilkunst); beim Publizieren durch die Verwendung von Open Access-Lizenzen die Schranken einzureißen, die ein wissenschaftsfeindliches Copyright aufgerichtet hat.

Ein deutlich höherer Digitalisierungs- und Standardisierungsgrad – der sich de facto immer noch in einer frühen Aufbauphase befindet und erst in jüngster Zeit an Fahrt gewinnt – wird im Fach Kunstgeschichte zu einer weiter intensivierten Nutzung des Computers führen – nicht nur bei Übermittlungs- oder Visualisierungsdiensten, sondern auch in der praktischen Forschung. <sup>137</sup> Der kritische Rückblick auf die Fachgeschichte hat allerdings gezeigt, dass die rechnerische Bildanalyse in der Forschungspraxis allenfalls einen Baustein im Methodenset bildet und wohl kaum die Vorherrschaft erringen oder sich gar verselbständigen wird, wie das vielleicht in anderen Lebensbereichen, etwa beim autonomen Fahren, eintreten mag. Im Gegenteil: Die Sprache wird auch weiterhin eine tragende Rolle spielen. Kunstgeschichte, als historische Wissenschaft verstanden, wird vor allem auf die Anlage und den Ausbau von Wissensnetzen setzen, die nicht nur für schnelles und zuverlässiges Auffinden notwendig sind, sondern auch für eine nachhaltige Dokumentation und für die Nachnutzung historischer Informationen. <sup>138</sup> Reich gefüllte Wissensnetze werden in Zukunft vielleicht auch als Grundlage für neue, quantitative Analysen und deren Visualisierungen dienen.

■ 137

Vgl. Schelbert 2018, S. 54.

■ 138

In diesem Sinn ist auch Prometheus mit der Einbindung von Normdatenreferenzen (Wikidata) auf dem richtigen Weg.