

Das Objekt jenseits der Digitalisierung

Sabine Lang, Björn Ommer

Zusammenfassung

Der technische Fortschritt der letzten Jahrzehnte hat disruptive Veränderungen für Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft gebracht: Die Digitalisierung ist ein Resultat dessen und beeinflusst, wie wir auf Daten zugreifen, diese verarbeiten, analysieren und Ergebnisse verbreiten. Obwohl dadurch bereits ein Wandel eingeleitet worden ist, kann das Digitalisieren von Textdokumenten oder Bildern nicht das endgültige Ziel sein. Der Fokus aktueller Bestrebungen sollte vielmehr auf der Möglichkeit der Weiterverarbeitung von Digitalisaten liegen – dies schließt eine intelligente Informationsverarbeitung ein. Der Wert der Digitalisierung besteht nicht in der bloßen Anhäufung digitaler Sammlungen, sondern in der Tatsache, dass sie weitaus mehr ermöglicht als das Analoge und dafür die notwendigen Grundvoraussetzungen schafft.

Die Problematik besteht nun darin, dass die meisten Verarbeitungs- und Analysemethoden für digitale Daten noch analog oder diesen nachempfunden sind: So werden digitale Sammlungen und darin enthaltene Bilder häufig noch mit den eigenen Augen, in traditionell komparativer Weise betrachtet und evaluiert. Dass dies aufgrund der Fülle an Daten nicht effizient ist, muss an dieser Stelle nicht betont werden. Obwohl das analoge und das digitale Bild den gleichen Inhalt zeigen können, haben beide doch ganz unterschiedliche Substrate. Ein Unterschied besteht zum Beispiel darin, dass digitale Bilder im Gegensatz zu analogen einfach manipuliert und dupliziert werden können. Das Digitale ist nicht das Analoge in neuer Form, und so bedarf es genuin digitaler Methoden für die Verarbeitung digitaler Daten. Durch die Entwicklung computergestützter Verfahren entstehen neue Möglichkeiten, Inhalte zu erschließen: Dazu gehören Ansätze zur Objektsuche oder das Gruppieren und Sortieren der Daten entsprechend benutzerdefinierter Dimensionen; dies schließt übergeordnete Kategorien wie Stil oder Genre, aber auch nuancierte Begriffe wie Alter oder Gewichtung der Bildkomposition ein. Doch das Digitale und entsprechende Verfahren können noch weitaus mehr leisten: Generative Verfahren, wie die Bildsynthese und Stilisierung eines Bildes, ermöglichen eine Blickänderung auf das Artefakt und schließlich die Modifizierung des Objekts selbst. Wie hätte ein Künstler eine uns sichtbare Szene gemalt und dargestellt? Und wie sieht ein Mensch in der Pose eines anderen aus? Dies sind Fragen, die durch die Anwendung computergestützter Methoden beantwortet werden können. Für das Museum haben diese Ansätze eine besondere Relevanz, da sie neue Arten des Betrachtens und Vermittelns von Kunstwerken oder zum Beispiel die Rekonstruktion verlorener Artefakte erlauben. In Zusammenarbeit von Mensch und Maschine entstehen so neue effektive Verfahren, die Inhalte erschließen, Verbindungen etablieren und neues Wissen generieren.

Einführung

Seit einigen Jahren befinden wir uns in einer markanten technischen Umbruchphase: Die Entwicklung neuer Geräte und prozesshafter Verfahren ermöglicht neue Wege der Kommunikation und damit sowohl eine flächendeckende Vernetzung als auch die Generierung und Analyse von big data. Die Digitalisierung ist eines dieser neuen Verfahren, die weitreichende Folgen für Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft haben; für letztere

ergeben sich auf Grundlage großer digitaler Bildersammlungen innovative Verarbeitungs- und Analyseverfahren. Dabei reicht das bloße Erstellen von Daten nicht aus, auch nicht, diese auf Oberflächen abzuspeichern und zugänglich zu machen. Das Ziel kann nicht die unkontrollierte Produktion digitaler Daten sein, sondern vielmehr das, was danach kommt. Konkret muss danach gefragt werden, wie Daten effizient und mit dem Ziel des größtmöglichen Erkenntnisgewinns verarbeitet werden können.

Die Anzahl der Daten, die analoge

Verfahren prozessieren können, ist begrenzt, und auch die Wirkung des bloßen Digitalisierens erreicht irgendwann ein Limit. Zudem besteht eine Begrenzung hinsichtlich dessen, was eine Disziplin allein leisten kann. An diesem Punkt entsteht eine Mauer, eine Begrenzung, die schließlich den Fortschritt behindert. Doch was erwartet uns jenseits dieser Mauer? Während sich also auf der einen Seite analoge Verfahren, das Digitalisieren und getrennte Disziplinen befinden, verspricht die andere Seite ein interdisziplinäres Feld und neue (computergestützte) Möglichkeiten, um digitale Daten zu verarbeiten und damit Arbeitsprozesse im Alltag und Beruf zu erleichtern. Der digitale Wandel hat sich also in unterschiedlichen Bereichen bemerkbar gemacht, doch seine volle Tragweite ist bisher nur zu erahnen.

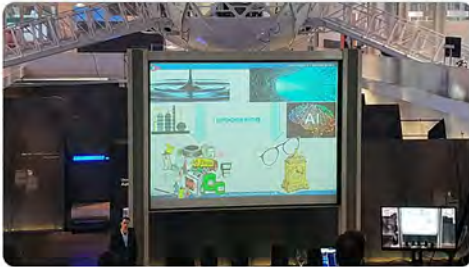
Wie soll man mit dem Wandel nun umgehen? Wann immer man es mit Neuerungen zu tun hat, empfiehlt es sich, einen Blick in die Vergangenheit zu werfen und nach Beispielen zu suchen, die Handlungsempfehlungen geben. Die Reedereien White Star Line und Cunard Line ermöglichten vor über hundert Jahren die Überquerung des Atlantiks per Schiff. Bereits zur Mitte des 20. Jahrhunderts hatten sie allerdings ihre Bedeutung verloren. Der Grund hierfür war nicht die Große Depression oder der Zweite Weltkrieg, sondern der zu dieser Zeit stattfindende technologische Umbruch im Bereich der Luftfahrt: Düsenflugzeuge ermöglichten nun die Reise über den Atlantik in kürzester Zeit. Beide Firmen reagierten auf die Technologien mit dem Bau größerer, schnellerer und luxuriöser Schiffe. Die Problematik bestand nun darin, dass man ein falsches business model wählte und den technischen Wandel und seine Möglichkeiten nicht absorbierte.



DMD München @dmdmuc · 5. Dez. 2018

Daten bekommen erst Wert wenn sie verarbeitet werde sagt Björn Ommer.

#DasDigitaleObjekt2018



3



8



Anstatt in ein integriertes transatlantisches Transportsystem zu investieren, definierte man sich weiterhin eng als transatlantische Schifffahrtsunternehmen. Damals wie heute existieren also zukunftsweisende Technologien, die eine disruptive Veränderung hervorrufen, doch für deren Wirkung müssen wir bereit sein. Die Digitalisierung per se ist noch keine dieser disruptiven Technologien; letztlich produziert sie nur more-of-the-same und keinen expliziten Mehrwert für Gesellschaft, Wirtschaft oder Wissenschaft. Erst die durch sie möglichen Verarbeitungs- und Analysemethoden leiten eine Zäsur ein, denn diese erzeugen neues und ergänzendes Wissen. Die Digitalisierung fungiert also als Basis, die eine anschließende intelligente Informationsverarbeitung ermöglicht (siehe Abb. 1). Am Beispiel des Erdöls lässt sich dies exemplarisch aufzeigen: In seiner Urform hat der Rohstoff keinen großen Wert; dieser entsteht erst durch die Weiterverarbeitung und die anschließenden vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten.

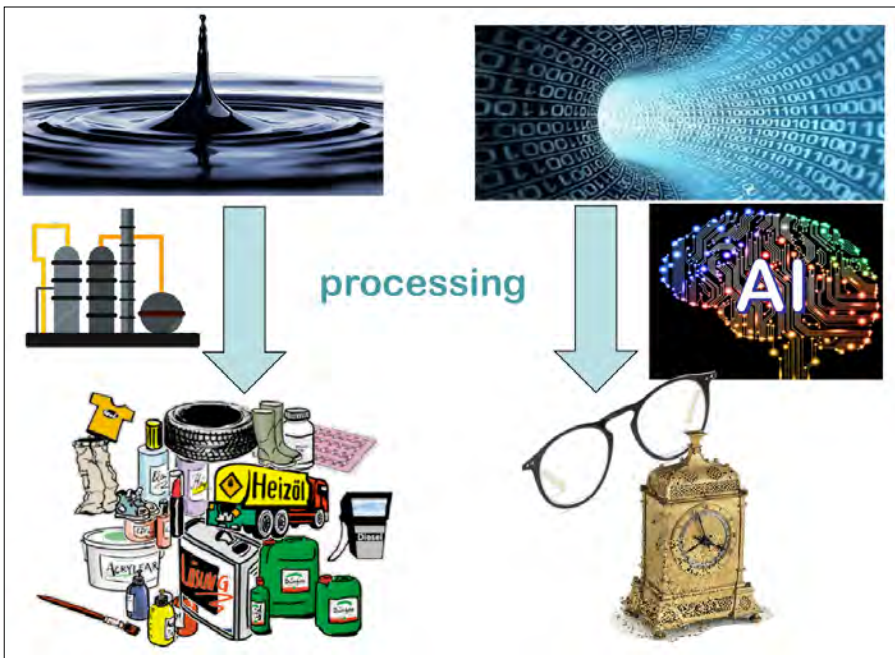


Abb. 1 Die Grafik zeigt die Analogie zwischen Rohöl und digitalen Daten: In der Urform sind beide nur von geringem Wert. Erst durch die Weiterverarbeitung und die anschließenden vielfältigen Nutzungsweisen wird Wert erzeugt.

Von den Unterschieden des Analogen und Digitalen

Grundsätzlich meint die Digitalisierung die Umwandlung eines analogen, kontinuierlichen Signals in ein digitales, diskretes; das Scannen ist hierfür als Standardprozess zu nennen. Obwohl in dieser Transformation bereits eine Divergenz erkennbar ist, bestehen wesentliche Unterschiede des Analogen und Digitalen vor allem in den nach der Bildaufnahme stattfindenden Verarbeitungsmöglichkeiten. Da die gespeicherten Informationen digitaler Daten jederzeit abgerufen werden können – im Analogen sind sie vergleichsweise nur latent vorhanden –, wird eine Weiterverarbeitung begünstigt. So können digitale Daten beliebig manipuliert, dupliziert oder gelöscht werden. Die Vielfältigkeit des Bildes ermöglicht zudem eine multiple, gleichzeitige Verarbeitung. Wesentliche Unterschiede bestehen also in der Verfügbarkeit der Informationen, in der differentiellen Haltbarkeit oder Lagerfähigkeit und in der Weiterverarbeitung. Obwohl das Analoge und Digitale in einem Kontext verwendet werden, haben beide verschiedene Substrate und können deshalb nicht mit identischen oder ähnlichen Methoden prozessiert werden. Es verlangt somit nach neuen genuinen Methoden der Verarbeitung, welche die spezifischen Eigenschaften des Digitalen berücksichtigen. Bisher ist in den digitalen Geisteswissenschaften (Digital Humanities) allerdings das Gegenteil zu beobachten: Weiterhin versucht man, digitale Daten mit analogen Methoden oder diesen nachempfundenen zu bearbeiten: dazu gehört zum Beispiel eine komparative, auf Bildpaaren basierende



DMD München @dmdmuc · 5. Dez. 2018

Es geht nicht nur um die Digitalisierung, sondern darum auch digital zu arbeiten sagt Björn Ommer. #DasDigitaleObjekt2018



1



Betrachtungsweise. Dass dies ineffizient ist und nicht zu den gewünschten Ergebnissen führt, muss an dieser Stelle nicht hervorgehoben werden. Das Analoge und das Digitale sind gänzlich unterschiedlich, so wie der Pfannkuchen in seinen Eigenschaften nicht mehr viel mit seinen ursprünglichen Zutaten zu tun hat, und auch die Werkzeuge, mit denen mit Zutaten oder Pfannkuchen umgegangen wird, gänzlich verschieden sind (siehe Abb. 2).

Die Informatik kann nun dabei helfen, computergestützte Methoden zur Verarbeitung von digitalen Daten zu entwickeln, die zum Beispiel Ähnlichkeiten zwischen Bildern finden, dabei künstlerische Beziehungen aufdecken und eine inhaltsbasierte Analyse ermöglichen.

Die Informatik kann nun dabei helfen, computergestützte Methoden zur Verarbeitung von digitalen Daten zu entwickeln, die zum Beispiel Ähnlichkeiten zwischen Bildern finden, dabei künstlerische Beziehungen aufdecken und eine inhaltsbasierte Analyse ermöglichen.

Das Fundament der Digital Humanities besteht aus digitalen Daten und für diese entwickelten computerbasierten Verarbeitungs- und Analyseverfahren. Insbesondere die Computer Vision und die Kunstgeschichte entwickeln in Zusammenarbeit diese für die Zukunft der Digital Humanities benötigten Ansätze zur Auswertung digitaler Daten. In den letzten Jahren wurden diese Ansätze und Verfahren auf kunsthistorische Daten übertragen und deren Validität für die Analyse von heterogenen Sammlungen gezeigt. Das Etablieren von Ähnlichkeiten und Querverbindungen, die Klassifikation von Bildern,¹

¹ Vgl. Elgammal u. a., Shape, 2018.

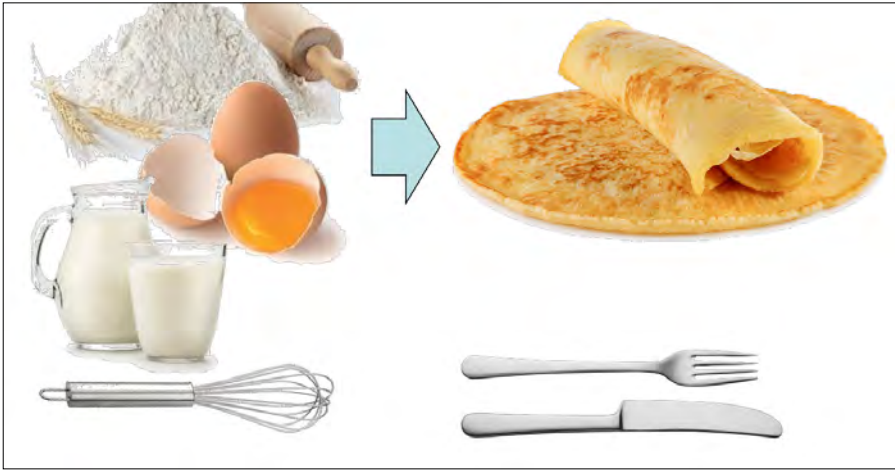


Abb. 2 Das analoge und das digitale Objekt haben unterschiedliche Eigenschaften, deshalb benötigen beide genuine Werkzeuge zur Verarbeitung. Am Beispiel des Pfannkuchens lässt sich dies exemplarisch aufzeigen.

die Suche nach benutzerdefinierten Objekten und die synthetische Bilderzeugung sind exemplarisch zu nennen: Eine Methode zur Detektion und Erkennung von bestimmten Objektkategorien in Gemälden, wie Auto, Flugzeug oder Pferd, wurde von Crowley et al. entwickelt.² Andere Arbeiten befassten sich mit der Suche von ähnlichen Bildregionen,³ um Beziehungen zwischen KünstlerInnen und Rezeptionsprozessen offenzulegen, oder verwendeten Generative Adversarial Networks,⁴ um Händlerzeichen aus Dokumenten des kulturellen Erbes zu extrahieren. Für das Museum und andere kulturelle Institutionen haben diese neuen digitalen Möglichkeiten eine enorme Relevanz. Sie ermöglichen einen vielschichtigen Blick auf das digitale Artefakt im Vergleich zum analogen, die Rekonstruktion verlorener Objekte und die Generierung nicht existierender. Auch in der Kunstvermittlung können digitale Methoden effizient eingesetzt werden, um der/m MuseumsbesucherIn Inhalte zu eröffnen und ansprechend zu präsentieren.

² Vgl. Crowley/Zisserman, Art, 2016.

³ Vgl. Seguin/dileonardo/Kaplan, Link, 2016.

⁴ Vgl. Creswell/ Bharath, Training, 2016.

Computergestützte Verfahren zur Verarbeitung digitaler Daten

Computergestützte Verfahren wurden zunächst vor allem auf digitale Textdaten angewandt. Die Bemühungen fokussierten sich vor allem auf Texte, da sich diese im Vergleich zu Bildern leichter verarbeiten lassen und wenig Neues entwickelt werden musste. Dies gilt nicht für Bilder, Videos oder 3D-Artefakte: Die visuellen Eigenschaften und Heterogenität ihrer Daten erfordern von der Informatik prinzipiell neue Methoden. Eine grundsätzliche Problematik besteht nun darin, dass große Teile der Geisteswissenschaften weiterhin mit analogen Methoden arbeiten. Digitale Bilder werden noch mit den eigenen Augen betrachtet, verglichen und evaluiert. Dabei beschränkt sich der Umfang auf das, was manuell machbar ist, und damit bleibt auch der Erkenntnisgewinn limitiert. Die Forderung muss nun darin bestehen, spezifische Methoden zu entwickeln, die es erlauben, digital, auf genuin digitale Art und Weise, mit dem Digitalen umzugehen. Es bedarf computerbasierter Methoden zur Verarbeitung digitaler Daten. Was bedeutet das? Das Analoge wird zunächst durch Scan-Verfahren oder eine automatisierte Texterkennung (optical character recognition) in eine digitale Form umgewandelt. Die Resultate werden anschließend auf zugänglichen Oberflächen abgespeichert, wo sie dann zur weiteren

Nutzung abgerufen werden können. Obwohl wir uns an dieser Stelle bereits im Bereich des Digitalen befinden, beginnt erst mit der anschließenden Verarbeitung und Analyse ein erkenntnisreiches Arbeiten (siehe Abb. 3).



Christian Gries @cogries · 5. Dez. 2018

Die Methoden, mit denen wir uns dem Digitalen nähern, stammen oftmals aus Analogistan #DasDigitaleObjekt2018 #Ommer



3



8



Digitales Arbeiten beschreibt also nicht nur die Umwandlung eines kontinuierlichen Signals in ein diskretes oder das Speichern der Daten auf einer Festplatte, sondern bezieht sich auf die im Anschluss stattfindende Anwendung neuer Methoden auf digitale Daten. Eine computergestützte Analyse assistiert dann bei der Etablierung von Ähnlichkeiten oder der Suche nach Objekten und damit beim Eröffnen des Bildinhalts. Dies verlangt eine dynamische Interaktion von Mensch und Maschine, wobei Anordnungen oder Objektsuchen auf Benutzervorgaben basieren. Im Gegensatz zu analogen Verfahren ist eine Analyse in einem wesentlich größeren Umfang möglich, die weitreichende Verbindungen, über Genre- oder Gattungsgrenzen hinweg, aufzeigt und dementsprechend mehr Wissen produziert.

Diese Art des Arbeitens hat Vorbilder in der analogen Kunstgeschichte: Der Hamburger Kunsthistoriker und Kulturwissenschaftler Aby Warburg (1866–1929) wird im

5 Im Vergleich zu anderen Sammlungen war Warburgs Bibliothek fächerübergreifend konzipiert, indem sie sich verschiedenen Themen aus unterschiedlichen Blickwinkeln näherte. Dem Übergang vom kultisch-magischen Denken zur modernen Wissenschaft widmeten sich zum Beispiel Publikationen aus den Naturwissenschaften, der Astrologie oder der Alchemie. Damit demonstrierte Warburg bereits zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts das Potenzial interdisziplinären Arbeitens. Dieses fächerübergreifende Denken wurde zusätzlich durch die ovale Form des Raums betont. Vgl. Johnson, Memory, 2012, S. 67–69.

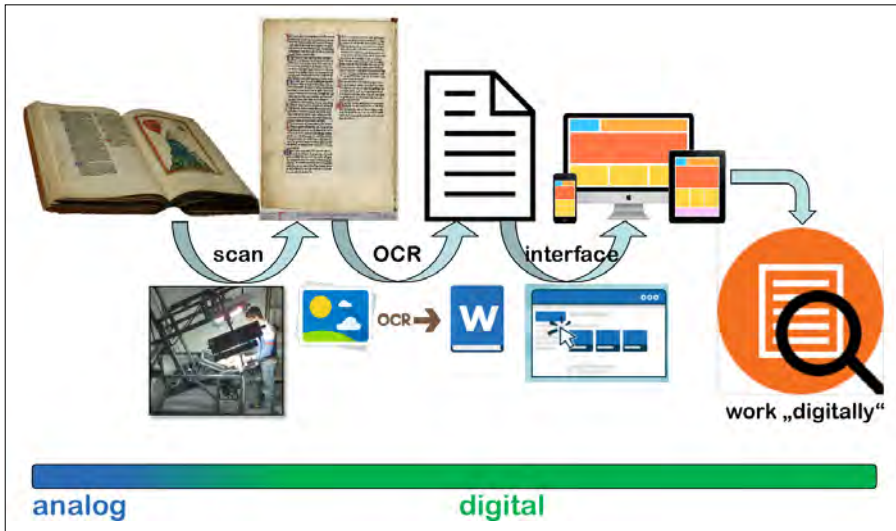


Abb. 3 Die Grafik zeigt den Prozess vom Digitalisieren zum digitalen Arbeiten.

Zuge digitaler Geisteswissenschaften oft als Vorreiter genannt. Seine kulturwissenschaftliche Bibliothek,⁵ die er sukzessiv aufbaute und die ForscherInnen aus aller Welt als Anlaufstelle und Wissensquelle zur Verfügung stand, und die Art und Weise, wie er mit Reproduktionen von Kunstwerken umging, sollte Vorbildcharakter haben. Die Bibliothek bot Warburg nicht nur Raum für seine Bücher- und Artefaktsammlung, sondern war ein Laboratorium für Experimente, indem auf Grundlage der vorhandenen Daten entsprechende Methoden entwickelt wurden, um diese zu erschließen und Ergebnisse zu visualisieren. Ganz im Sinne des Vortrags »Vom Arsenal zum Laboratorium«, den er 1927 hielt, erfüllte sich damit die Anforderung an den Raum, der nicht nur zur Informationsspeicherung, sondern auch zur Wissensgenerierung dient. Im »Mnemosyne Atlas«, einem Projekt, das Warburg im Jahr 1924 begonnen hatte und bei seinem Tod im Jahr 1929 unvollständig geblieben ist, spiegelt sich seine vorbildhafte Arbeitsweise wider. Auf mit schwarzem Tuch bespannten Holztafeln befestigte Warburg Reproduktionen, die er auf Grundlage eines gemeinsamen Themas gruppierte. Das Nachleben der Renaissance fand Warburg zum Beispiel über die Zeit hinweg in Gemälden, Zeichnungen, Skulpturen und anderen Objekten repräsentiert. Den Fortbestand visualisierte er, indem er entsprechende, auf Grundlage eines Merkmals ähnliche Reproduktionen auf Tafeln befestigte und damit gattungs- oder genreübergreifend arbeitete.⁶ Der Atlas ist eine Methode der intel-

6 Vgl. Johnson, Memory, 2012, S. 8-12.

ligenten Informationsverarbeitung: Warburg war dadurch in der Lage, Teile des kunstgeschichtlichen Bildrepositoriums aufzuspalten, Querverbindungen zu etablieren und zu visualisieren.

Die computergestützte Detektion von Objekten

In Anlehnung an die Warburgschen Überlegungen und Arbeitsweisen stehen die aktuellen Bestrebungen der digitalen Geisteswissenschaften, die sich auf eine computergestützte Eröffnung und Erschließung großer Datensätze fokussieren. Die Computer Vision Group entwickelt dazu automatische Ansätze zur Bildanalyse und Objektsuche,⁷ mit denen kunsthistorische Datensätze, wie mittelalterliche Handschriften,⁸ Grafiken, architektonische Zeichnungen, heterogene Gemäldesammlungen oder Ausstellungsfotografien,⁹ evaluiert werden. Eine visuelle Suche erfordert aber ein Verständnis von dem, was gesucht werden soll. Habe ich noch keine konkrete Vorstellung von dem, was ich suchen will, gewähren computergestützte Verfahren trotzdem einen Zugang: Durch die bloße Darstellung der Daten erfolgt ein Überblick über die Zusammensetzung des Datensatzes. Zudem können die Bilder dann – je nach Benutzervorgabe – in verschiedenen Dimensionen aufgespannt werden.

Abb. 4 zeigt eine chronologische Anordnung der Daten; die dargestellten Personen variieren bezüglich ihres Alters – dies ist entlang der horizontalen Linie sichtbar. Die Dimensionen der Ähnlichkeit lassen sich beliebig wählen und erweitern. Bereits in der schlichten visuellen Präsentation der Daten zeigt sich also das Potenzial digitaler Methoden. Diese erlauben einen Blick in die Struktur der Sammlung: So können regelmäßige und unregelmäßige Muster, Bildgruppen und Einzelphänomene sichtbar gemacht werden. Das Aufspannen der Daten auf Grundlage spezifischer Dimensionen und deren Visualisierung sind erste Beispiele, wie visueller Inhalt durch computergestützte Verfahren erschlossen wird. Damit haben informatische Analyseverfahren allerdings nicht ihr Potenzial erreicht. Um der kunsthistorischen Forschung zu assistieren, muss zusätzlich nach dem Bedarf gefragt werden: Welche Aufgaben stellen sich der/m KunsthistorikerIn, und an welchen Stellen können computergestützte Verfahren ergänzende Fähigkeiten anbieten? Die Etablierung von Bildähnlichkeiten und die Betrachtung von Rezeptionsprozessen gehören zu den zentralen Aufgaben einer/s KunsthistorikerIn, wobei diese oftmals auf Basis eines Objekts etabliert werden. Die Suche nach repetitiven Motiven und Kompositionen in Kunstwerken ist manuell aufgrund der Fülle an digitalen Daten nicht zu bewältigen. Hierfür bietet die Informatik, im Besonderen die Computer Vision, effektive Verfahren an, um eine Objektsuche und Detektion in großen Datensätzen durchzuführen. Etliche Arbeiten der letzten Jahre haben sich mit einer objekt- und inhaltsbasierten Suche befasst.¹⁰

7 Vgl. Takami/Bell/Ommer, Approach, 2014.

8 Vgl. Yarlagadda u. a., Understanding, 2013.

9 Vgl. Lang/Ommer, Histories, 2018.

10 Vgl. Takami u. a., Approach, 2014; vgl. Crowley/Zisserman, Art, 2016; vgl. Seguin u. a., Link, 2016.

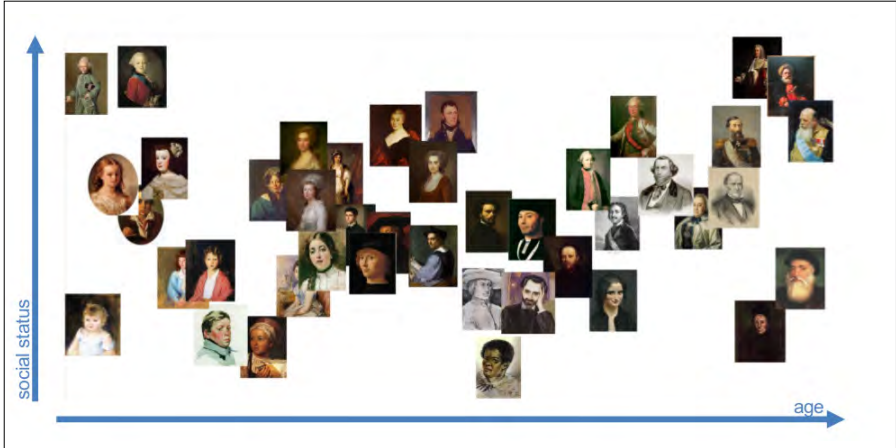


Abb. 4 Das Bild zeigt die Visualisierung von Bilddaten auf einem System der Computer Vision Group, Universität Heidelberg. Eine Anordnung nach Alter entlang der x-Achse ist sichtbar.

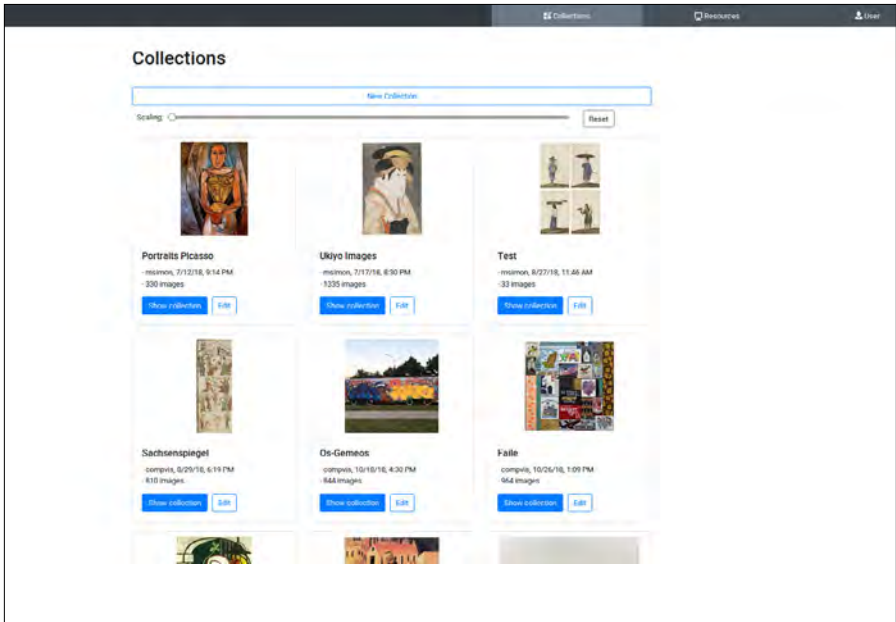


Abb. 5 Das Bild zeigt verschiedene Sammlungen auf der Startseite der Oberfläche für Objektsuche.

Abb. 5 zeigt die Startseite eines Systems, das die Computer Vision Group zur Detektion von Objekten in großen Datensammlungen entwickelt hat. Eine Suche ist nicht nur auf Grundlage einer Texteingabe möglich, sondern vor allem durch eine visuelle Vorgabe.¹¹

Dies macht die Notwendigkeit von aufwendig annotierten Bilddaten hinfällig und ermöglicht eine Suche nach Kategorien, die bei der Annotation möglicherweise nicht bedacht wurden. Damit vereinfacht das System den Zugang zu digitalen Daten und fördert eine benutzerspezifische Suche. BenutzerInnen legen zunächst einen Datensatz auf der Oberfläche ab oder wählen einen bereits bestehenden, der dann im Anschluss durchsucht wird. Dafür müssen entsprechende Regionen markiert werden; das System lässt bis zu fünf zu, die als Suchvorlage dienen. Algorithmen finden nun dazu im Datensatz ähnliche und identische Bildregionen, die in einem neuen Fenster mit absteigender Ähnlichkeit angezeigt werden. Die ausgegebenen Resultate können vom/von der BenutzerIn als positiv oder negativ bewertet werden. Das Feedback verfeinert den Algorithmus und führt zu einer Präzisierung der Detektionen im nachfolgenden Suchdurchlauf. Vom/von der BenutzerIn markierte Favoriten lassen sich in einer gesonderten Umgebung darstellen und dort umgruppieren – diese dynamische Arbeitsweise ähnelt dem Verfahren, das Warburg bereits für seinen »Mnemosyne Atlas« verwendete. Abb. 6 zeigt exemplarisch die Ergebnisse der Suche nach einem Medaillon auf dem Interface.

Das Suchverfahren wurde für verschiedene Sammlungen getestet, unter anderem für mittelalterliche Handschriften, Fotografien der Street Art oder Gemäldesammlungen. Die Qualität der Detektionen bestätigt die Validität des Verfahrens und zeigt exemplarisch eine effiziente Verarbeitung digitaler Daten durch computergestützte Verfahren.

Eine visuelle, computerbasierte Suche bleibt nicht auf das digitale Kunstwerk beschränkt, sondern ist auch auf komplexe Schriften anwendbar. Die Keilschrift ist ein Beispiel für ein Schriftsystem, das bereits vor Christus zum Schreiben mehrerer Sprachen verwendet wurde. Ein auf neuronalen Netzen basierendes System zur Objektsuche detektiert automatisch alle Zeichen auf einer Tafel und liefert simultan deren Transkription.

Beschädigungen der Tafeln, altersbedingte Abnutzung, Materialität, Varianzen identischer Keile, die auf die individuelle Handschrift des Schreibers zurückzuführen sind, und nur feine Nuancen zwischen den Zeichen stellen die Algorithmen vor neue Herausforderungen und verlangen die Entwicklung von robusten und den digitalen Daten entsprechenden Verfahren. Diese Arbeiten sind exemplarisch für viele weitere zu nennen, die innerhalb und außerhalb der Computer Vision Group entstanden sind, und sich mit dem computergestützten Eröffnen und Erschließen von visuellem Inhalt befassen (siehe Abb. 7).

11 Vgl. Lang/Ommer, *Similarity*, 2018.

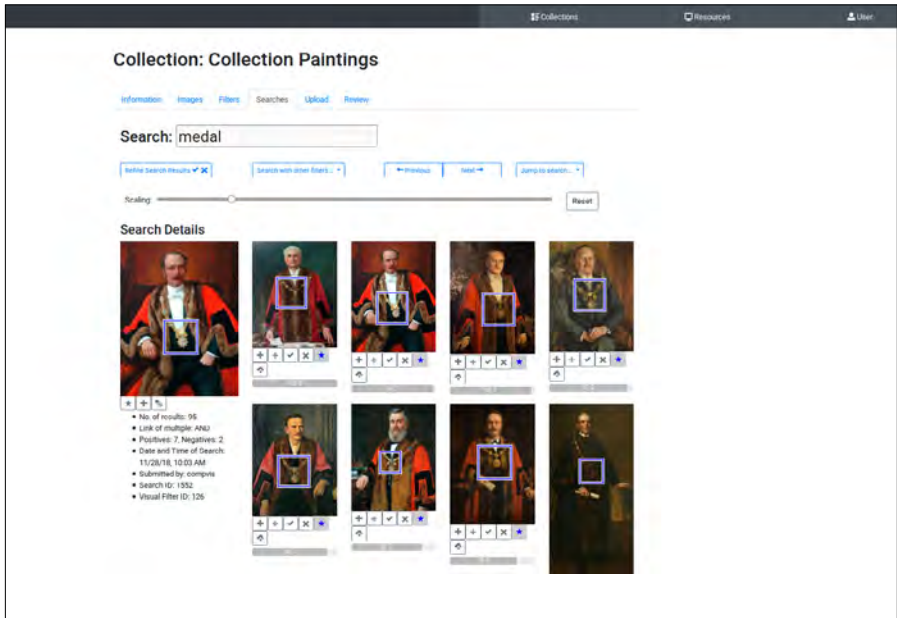


Abb. 6 Die Ergebnisse der Objektsuche werden in einem separaten Fenster angezeigt. Die besten Treffer können von den NutzerInnen als Favoriten gekennzeichnet und separat dargestellt werden.

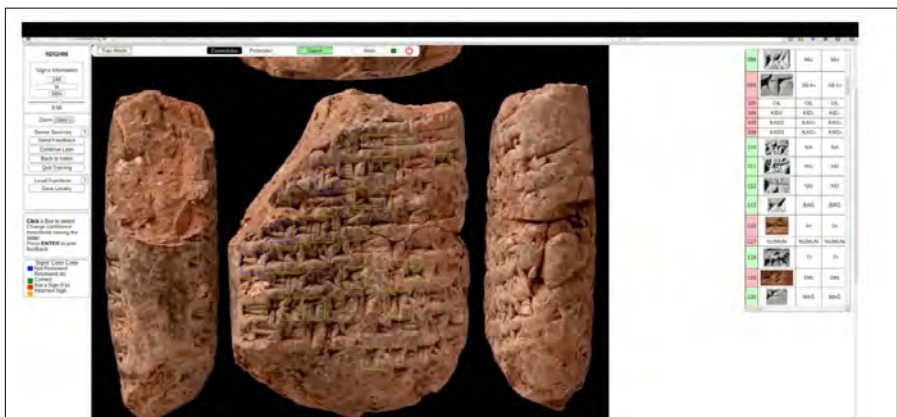


Abb. 7 Das Bild zeigt eine Tontafel auf dem erweiterten System, auf dem Zeichen markiert und korrigiert werden können.

Der Blickwechsel

Obwohl die computergestützte Objektsuche einen bisher, im Analogen, unbekanntem Umfang erreicht, sind Methoden und Erkenntnisse doch an bereits bekannte Verfahren angelehnt. Der große Mehrwert computergestützter Verfahren besteht nun darin, dass sie viel mehr können, als sich im Analogen vorstellen lässt. Tatsächlich gestatten sie uns, den Blickwinkel zu ändern, und sie präsentieren dabei eine alternative Sicht auf das Objekt. Seit Goodfellow et al. 2014¹² mit den Generative Adversarial Networks (kurz: GAN) ein neues Gerüst zum Lernen generativer Modelle präsentierte, finden diese wachsende Beachtung und breite Anwendung in der Computer Vision. Goodfellow's Ansatz basiert dabei auf einem konkurrierenden Prozess zweier Modelle: einem generativen Modell G, das die Datenverteilung konkret erfasst, und einem diskriminativen Modell D. Letzteres schätzt die Wahrscheinlichkeit, mit welcher ein Datensample vom Trainingsdatensatz oder Generator G stammt.¹³ Andere generative Verfahren, die im Zuge des wiederbelebten Interesses überarbeitet oder entwickelt wurden, verwendet man nun, um Form oder Farbe eines Objekts im Bild zu manipulieren¹⁴ oder basierend auf einem vorherigen Training mit Bildpaaren ein Bild in eine andere Domäne zu übersetzen. Ein Gemälde Monets wird so in eine reale Landschaftsfotografie, ein Zebra in ein Pferd oder eine Sommer- in eine Winterlandschaft verwandelt.¹⁵ Generative Verfahren ermöglichen es auch, den Blick einer anderen Person zu imitieren, zum Beispiel den einer/s KünstlerIn, indem sie auf Grundlage digitaler Daten ein neues Bild erzeugen. Der sogenannte style transfer, etabliert durch die Arbeit von Gatys et al. 2015,¹⁶ meint die Stilisierung eines realen Bildes im Stil eines Künstlers wie Claude Monet (1840–1926) oder Vincent van Gogh (1853–1890).

Das Bild (siehe Abb. 8) zeigt die Frontansicht eines zweistöckigen Hauses mit umliegendem Garten. Erhalten wir nun die Aufgabe, diese Szene zu malen, mag eine erste Person die Farbe des Hauses ändern und dabei die Sprossenfenster mit Umrisslinien akzentuieren; eine andere wiederum die im Vordergrund dargestellte Flora betonen und die Konturen des Hauses verwischen, sodass dieses nur noch als Silhouette wahrzunehmen ist. Eine letzte Person mag nun gar die Frontansicht vernachlässigen und stattdessen einen (imaginären) Blick von der Seite auf das Haus werfen, wobei sie einen expressiven Pinselduktus wählt und zudem die Tonalität des Bildes verändert. Die dabei entstandenen Bilder reflektieren die individuellen Blicke, mit denen das Haus betrachtet werden kann, und geben Auskunft über eigene Vorlieben.

12 Vgl. Goodfellow u. a., Adversarial, 2014.

13 Vgl. Goodfellow u. a., Adversarial, 2014, S. 2672–2673.

14 Vgl. Zhu u. a., Manipulation, 2016.

15 Vgl. Zhu u. a., Image-to-Image, 2017.

16 Vgl. Gatys/Ecker/Bethge, Algorithm, 2015.



Abb. 8 Die Fotografie zeigt ein zweistöckiges Haus mit umliegendem Garten. Der style transfer ermöglicht die Stilisierung der Szene im Stil von Paul Cézanne.

Abb. 9 zeigt den Blick, den Paul Cézanne (1839–1906) auf die oben beschriebene Szene geworfen hat. Das Bild ist ein Resultat des Modells für style transfer, das die Computer Vision Group entwickelt hat.¹⁷ Im Gegensatz zu anderen style-transfer-Verfahren, die sich auf ein Stilbild stützen,¹⁸ verwendet die Gruppe eine Sammlung repräsentativer Beispiele. Dies ist durch die Tatsache begründet, dass ein Bild den Künstlerstil nicht vollständig repräsentieren kann. Die Arbeit der Gruppe produziert hochauflösende Stilisierungen, die zudem den Einfluss des Stils auf den Bildinhalt manifestiert.¹⁹ Das Beispiel Cézannes vermittelt einen Eindruck davon, wie der Künstler das Haus gemalt hätte. Deutlich zeigen sich die für Cézanne, vor allem in den Werken ab Ende der 1870er Jahre, charakteristischen schwarzen Konturen, mit denen er einzelne Objekte und ganze Szenen gestaltete, warme Erdtöne und farbige, homogene Flächen. Das Verfahren lässt sich zudem auf Videos übertragen, und so entstehen Bewegtbilder im Stil des Expressionismus, Impressionismus oder Picassos Surrealismus – nur um einige Beispiele zu nennen. Die Video-Stilisierung erfolgt hierbei in Echtzeit und frame-to-frame, das heißt es wird keine zeitliche Konkurrenz ausgenutzt, sondern die einzelnen Bilder werden frame für frame übersetzt, um die Stabilität der Bildsynthese beurteilen zu können.²⁰ Die Computer-Vision-Forschung hat dem style transfer etliche Arbeiten gewidmet, die sich spezifische Aufgaben gestellt haben: Die Separierung von Stil und Bildinhalt,²¹ also formale, rein visuelle und semantische Informationen, oder die optimierte Wiedergabe von Pinselstrich, Farbe oder Form des jeweiligen Stils stehen dabei im Vordergrund. Andere Arbeiten widmen sich der Beschleunigung des Stilisierungsprozesses und der Produktion hochauflösender Bilder²² oder ermöglichen eine kontrollierte Stilisierung durch den/die BenutzerIn. So können zwei Stile vermischt, nur bestimmte Regionen stilisiert oder der Grad der Stilisierung determiniert werden.²³

Das Übertragen eines künstlerischen Stils auf reale Bilder ist nicht nur eine simple Applikation, sondern tatsächlich von großer Relevanz für die Forschung. Die Stilisierung fördert neue Sichtweisen auf den Bildinhalt und führt zu neuen Fragestellungen und Erkenntnissen. Welche Bedeutung haben Farbe, Form oder Pinselauftrag für das Objekt? Wie manifestiert sich der Zeitgeschmack in der (formalen) Darstellung des Bildinhalts? Für die Kunstgeschichte ergeben sich so neue oder ergänzende Beiträge zur Stildebatte, die seit der Etablierung des Fachs am Ende des achtzehnten Jahrhunderts stattfindet. Dem Museum als ausstellender Institution eröffnen sich Fragestellungen bezüglich unterschiedlicher Blickarten und deren Bedeutung für die Wahrnehmung des Artefakts.

17 Vgl. Sanakoyeu u. a., *Style-Aware*, 2018.

18 Vgl. Gatys/Ecker/Bethge, *Image*, 2016, S. 2416.

19 Vgl. Sanakoyeu u. a., *Style-Aware*, 2018, S. 700.

20 Vgl. Sanakoyeu u. a., *Style-Aware*, 2018, S. 708.

21 Vgl. Gatys/Ecker/Bethge, *Image*, 2016.

22 Vgl. Johnson/Alahi/Fei-Fei, *Losses*, 2016.

23 Vgl. Huang/Belongie, *Style*, 2017.



Abb. 9 Wie hätte Paul Cézanne die Szene gemalt? Das Bild zeigt das Ergebnis der Stilisierung im post-impressionistischen Stil des Künstlers.

Die Transformation des Objekts

Was, wenn wir nun nicht nur den Blick, sondern gar das Objekt selbst verändern können? Resultate zeigen dann einen Stiefel in den Farben und im Muster einer sommerlichen Sandale oder eine bekannte Person in der Pose der New Yorker Freiheitsstatue. Generative Verfahren, wie sie für den style transfer verwendet werden, erzeugen nun auf Basis zweier Eingabebilder ein neues und demonstrieren damit die Möglichkeit, durch computergestützte Verfahren ein komplett neues Artefakt zu schaffen. Xu et al. zeigen die Text-zu-Bild Generierung, indem, basierend auf einem Wort in einer Bildbeschreibung, die Transformation feiner Details vorgenommen wird.²⁴ Auch komplexere Objekte, wie der Mensch, können mit ähnlichen Verfahren verarbeitet werden. Dieser ist artikuliert und in seiner Gestalt äußerst divers und vielschichtig. Face-Aging ist eine Aufgabe, die durch generative Verfahren simuliert werden kann.²⁵ Die Computer Vision Group hat sich neben der Blickänderung, also der künstlerischen Stilisierung eines Bildes, auch der Objekt-Transformation gewidmet.

Abb. 10 zeigt die Synthese der Gestalt einer Person und der Pose einer anderen. Darunterliegende Algorithmen haben hierfür zunächst eine genaue Repräsentation von Gestalt und Pose erlernt. Das Verfahren erschöpft sich nicht in der Anwendung auf den Menschen, sondern lässt sich auf Objekte, wie Schuhe, Taschen oder andere Kleidungsstücke, übertragen. Schließlich können die dabei entstandenen, statischen, Bilder zum Leben erweckt werden.²⁶ Durch die zusätzliche Animation gewährt die Methode einen weiteren, alternativen Blick auf das Objekt und vermittelt ein authentisches Bild von dessen Beschaffenheit und natürlicher Bewegung.

Können generative Verfahren tatsächlich noch einen Schritt weitergehen? Kann dadurch eine Person beim Tennisspielen gezeigt werden, obwohl diese zuvor noch nie Tennis gespielt hat? Generative Verfahren der Informatik werden nun genutzt, um Verhalten zu erlernen und die Bewegung einer Person zu steuern (siehe Abb. 11). Ein Zielvideo gibt hierbei eine bestimmte Aktivität vor, die dann auf eine andere Person übertragen wird. Somit findet eine Synthese von Gestalt und Bewegung, statt zuvor von Gestalt und statischer Pose, statt. Das Resultat ist eine Animation, die eine Person in einer ihr zuvor unbekanntem Aktivität zeigt.²⁷

Wie im style transfer besteht auch in diesen Verfahren eine enorme Relevanz für das Museum. So können verloren gegangene Objekte auf Grundlage einer Bildersammlung rekonstruiert oder andere Ansichten des Objekts präsentiert werden, ohne dass das Original verändert werden muss. Durch die anschließende Animation eines statischen Ausstellungsstücks ergibt sich so ein äußerst präzises Bild vom Objekt – und multiple Ansichten des Werks. Für das Museum und ForscherInnen sind generative Verfahren

²⁴ Vgl. Xu u. a., AttnGAN, 2018.

²⁵ Vgl. Palsson u. a., Face, 2018.

²⁶ Vgl. Esser u. a., U-Net, 2018, S. 8858.

²⁷ Vgl. Esser u. a., Learning, 2018.

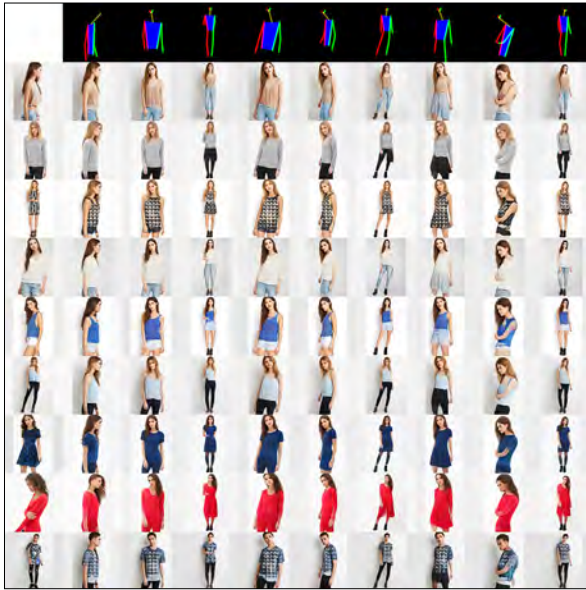


Abb. 10 Das Bild zeigt die Synthesisierung von Gestalt (linke Reihe) und Pose (oberste Reihe).

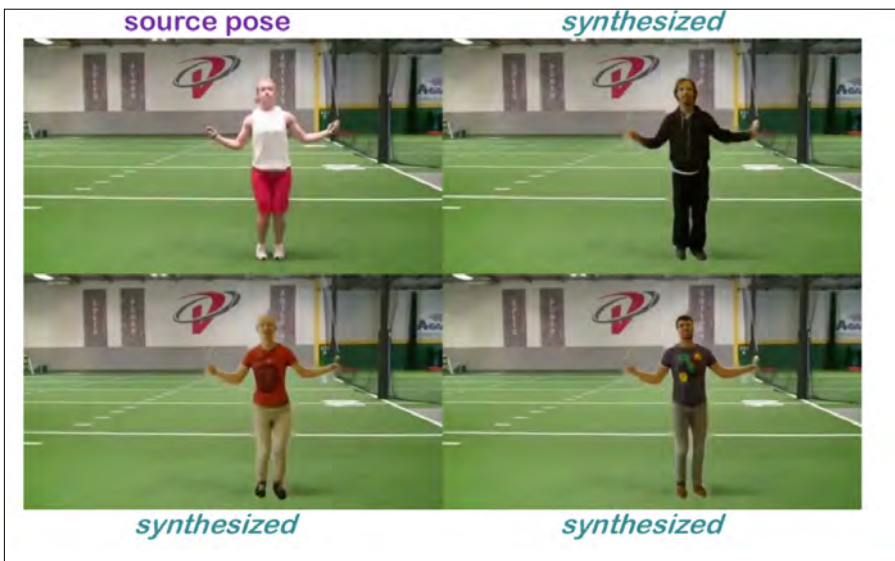


Abb. 11 Das Bild zeigt die Ergebnisse, wenn das Zielvideo einer bestimmten Aktivität auf eine andere Person übertragen wird.

attraktiv, da sie Antworten auf die im vorangegangenen Abschnitt gestellte Fragen bereithalten: Welche Bedeutung haben Farbe oder Form für das Objekt? Wie manifestiert sich der Zeitgeschmack in der (formalen) Darstellung des Bildinhalts? Welche neuen Details enthüllt eine Blick- oder Objektänderung, und wie verändert sich dadurch die Wirkung des Artefakts? Durch die Verfügbarkeit vielfältiger computergestützter Methoden wird das digitale Objekt äußerst greifbar, vielleicht in noch stärkerem Grad als das analoge.

»We are drowning in information but starved for knowledge«

Die Digitalisierung hat eine enorme Menge an Daten und damit auch Informationen produziert. Damit diese nicht nur als ungeordnete Repositorien bestehen, sondern daraus neues Wissen generiert wird – wie es Warburg gefordert und durch den »Mnemosyne Atlas« gelöst hat –, braucht es rechnerische Verfahren. Letzteres haben obige Beispiele gezeigt. Für die Forschung bedeutet dies, sich weg von bloßen digitalen, die sich hauptsächlich auf das Digitalisieren konzentrieren, zu informationsverarbeitenden (computational) Geisteswissenschaften hin zu bewegen. Aufgrund der Fülle an Daten sind manuelle Methoden nicht mehr ausreichend. Um tatsächlich neue oder ergänzende Informationen über das Artefakt zu gewinnen, bedarf es computergestützter Methoden. Letztlich fehlt es nicht an Daten, sondern an Wissen. »We are drowning in information but starved for knowledge«,²⁸ schreibt Autor John Naisbitt bereits in seinem 1982 erschienenen Bestseller »Megatrends«. Diese Aussage hat im Kontext der Digitalisierung seine Gültigkeit bewahrt und sogar an Relevanz gewonnen. Schließlich muss die Forderung noch konkreter werden: ForscherInnen müssen sich fragen, wie relevantes Wissen effizient gefiltert werden kann. Dafür benötigt es digitale Daten und Verarbeitungsmethoden, die auf die Eigenheiten der Daten zugeschnitten sind oder diese zumindest berücksichtigen. Für den style transfer bedeutet dies zum Beispiel, dass die Stilisierung nicht auf Basis eines Bildes,²⁹ sondern einer Sammlung erfolgen muss, denn nur diese kann die Bandbreite des künstlerischen Stils wiedergeben.³⁰

Die oben genannten Verfahrensweisen stehen exemplarisch für Möglichkeiten, Daten intelligent zu verarbeiten, um Wissen zu formen. Auf der einen Seite herrscht bei vielen im Angesicht dessen eine große Euphorie für Verfahren der Künstlichen Intelligenz; auf

der anderen Seite reagieren vor allem WissenschaftlerInnen aus disziplinfremden Fächern äußerst skeptisch auf die neuen Methoden: Der Computer sei in vielen Bereichen noch lange nicht so gut



DMD München @dmdmuc · 5. Dez. 2018

Björn Ommer fordert einen Closed Loop zwischen Wissenschaftler*innen und Computern. #DasDigitaleObjekt2018



²⁸ Naisbitt, Megatrends, 1982, S. 24.

²⁹ Vgl. Gatys/Ecker/Bethge, Algorithm, 2015; vgl. Gatys/Ecker/Bethge, Image, 2016, S. 2416.

³⁰ Vgl. Sanakoyeu u. a., Style-Aware, 2018, S. 700.

wie der Mensch, so das Argument. Warum sollte man also einen Computer einsetzen, wenn die Ergebnisse nicht mit den Resultaten, zu denen Menschen kommen, vergleichbar sind? Wäre es stattdessen nicht besser, darauf zu warten, bis die Maschine die Performanz des Menschen erreicht? Und sollten wir deshalb auf den/die künstliche/n KunsthistorikerIn warten? Das Ziel besteht nun nicht darin, jemanden zu ersetzen oder die Überlegenheit der Maschine (oder des Menschen) zu demonstrieren. Stattdessen müssen orthogonale, ergänzende Fähigkeiten angeboten werden. Für die Objekterkennung bedeutet dies zum Beispiel, dass der/die ExpertIn den Datensatz auswählt, die Sucheingabe vorgibt und die Auswertung der Ergebnisse vornimmt. Die Algorithmen unterstützen dann bei der Detektion der Objekte, da diese im Vergleich zum Menschen eine wesentlich größere Sammlung berücksichtigen und verarbeiten können. Konkret lässt sich festhalten: Wir müssen nach Bereichen suchen, in denen die Maschine Fähigkeiten anbietet, die der Mensch nicht hat oder bei denen er unterstützt werden kann. So entsteht ein enger Kreislauf von Algorithmus und WissenschaftlerIn, der erkenntnisbringend für die Disziplinen ist.

Schluss: jenseits der Digitalisierung

Am 23. Oktober 2018 versteigerte das Auktionshaus Christie's das Porträt eines Mannes mit dem Namen Edmond Belamy. Das Halbfigurenporträt erreichte eine Summe von fast einer halben Millionen Dollar. Es handelt sich um das erste künstlich generierte Kunstwerk, das auf dem Kunstmarkt versteigert wurde und dabei eine beachtliche, mit realen Kunstwerken vergleichbare Summe erzielte.³¹ Kunstwelt und allgemeine Öffentlichkeit reagierten mit Belustigung, Entsetzen, Verwirrung und Unverständnis auf den Verkauf des Bildes. Es verstärkte



die Diskussion um die Möglichkeiten Künstlicher Intelligenz und betonte gleichzeitig die Notwendigkeit einer kritischen Reflexion in Wissenschaft und Gesellschaft. Der Beitrag hat betont, dass das Digitalisieren nicht das Ziel ist, sondern dass es als Grundlage eine neue Art der Datenverarbeitung ermöglicht, vor allem da digitale Daten im Vergleich zu analogen differente Eigenschaften besitzen. Im Gegensatz zum Analogen sind Bildinformationen im Digitalen nicht latent vorhanden, sondern erfassbar; digitale Bilder sind aus diesem Grund manipulierbar und duplizierbar. Um das volle Potenzial des Digitalen zu erschöpfen, benötigt es also zum Analogen differente computergestützte Verfahren. Diese neuen Methoden sind sodann die Instrumente einer computergestütz-

31 Vgl. Christie's, Intelligence, 2018.

ten Geisteswissenschaft, die digitale Datensätze effizient und erkenntnisbringend analysieren kann. Nur durch die Anwendung computergestützter Verfahren entfaltet sich die transformierende Wirkung für Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft, und nur so entsteht neues Wissen. Der Blick in die Zukunft verspricht eine dynamische und interdisziplinäre Forschungslandschaft, die zu mehr imstande ist: Sie kann den Inhalt großer Repositorien erschließen, übergreifende Beziehungen etablieren, neue Objekte erschaffen und neues Wissen generieren und transferieren – und dabei zu einer Analyse kommen, die in bisher ungeahnte Tiefen vordringt.

Literatur

- Anon: Is artificial intelligence set to become art's next medium?, <https://www.christies.com/features/A-collaboration-between-two-artists-one-human-one-a-machine-9332-1.aspx>.
- Creswell, Antonia; Bharath, Anil Anthony: Adversarial Training for Sketch Retrieval. In: Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV) (2016), S. 798–809.
- Crowley, Elliot J.; Zisserman, Andrew: The Art of Detection. In: Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV) (2016), S. 721–737.
- Elgammal, Ahmed u. a.: The Shape of Art History in the Eyes of the Machine. In: Proceedings of the Conference on Artificial Intelligence (2018).
- Esser, Patrick; Sutter, Ekaterina; Ommer, Björn: A Variational U-Net for Conditional Appearance and Shape Generation. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (2018), S. 8857–8866.
- Esser, Patrick u. a.: Towards Learning a Realistic Rendering of Human Behavior. In: Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV), workshops (2018), S. 409–425.
- Gatys, Leon A.; Ecker, Alexander S.; Bethge, Matthias: Image Style Transfer Using Convolutional Neural Networks. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (2016), S. 2414–2423.
- Gatys, Leon A.; Ecker, Alexander S.; Bethge, Matthias: A Neural Algorithm of Artistic Style. In: arXiv preprint arXiv:1508.06576 (26. August 2015).
- Goodfellow, Ian u. a.: Generative Adversarial Nets. In: Advances in Neural Information Processing Systems (2014), S. 2672–2680.
- Huang, Xu; Belongie, Serge: Arbitrary Style Transfer in Real-time with Adaptive Instance Normalization. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (2017), S. 1510–1519.
- Johnson, Justin; Alahi, Alexandre; Fei-Fei, Li: Perceptual Losses for Real-Time Style Transfer and Super-Resolution. In: Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV) (2018), S. 694–711.
- Johnson, Christopher: Memory, Metaphor, and Aby Warburg's Atlas of Images. Ithaca, NY 2012.
- Lang, Sabine, Ommer, Björn: Attesting Similarity: Supporting the Organization and Study of Art Image Collections with Computer Vision. In: Digital Scholarship in the Humanities 33 (2018), S. 845–856.
- Lang, Sabine, Ommer, Björn: Reconstructing Histories: Analyzing Exhibition Photographs with Computational Methods. In: Arts, Computational Aesthetics 7:64 (2018).
- Naisbitt, John: Megatrends: Ten New Directions Transforming Our Lives. New York, NY 1982.
- Palsson, Sveinn u. a.: Generative Adversarial Style Transfer Networks for Face Aging. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (2018), S. 2084–2092.

- Sanakoyeu, Artsiom u.a.: A Style-Aware Content Loss for Real-time HD Style Transfer. In: Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV) (2018), S. 698–714.
- Seguin, Benoit u.a.: Visual Link Retrieval in a Database of Paintings. In: Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV) (2016), S. 753–767.
- Takami, Monroy; Bell, Peter; Ommer Björn: An Approach to Large Scale Interactive Retrieval of Cultural Heritage. In: Proceedings of the Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage (2014), S. 87–95.
- Xu, Tao u.a.: AttnGAN: Fine-Grained Text to Image Generation with Attentional Generative Adversarial Networks. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (2018), S. 1316–1324.
- Yarlagadda, Pradeep u.a.: Towards a Computer-Based Understanding of Medieval Images. In: Scientific Computing and Cultural Heritage (2013), S. 89–97.
- Zhu, Jun-Yan u.a.: Unpaired Image-to-Image Translation Using Cycle-Consistent Adversarial Networks. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (2017), S. 2242–2251.
- Zhu, Jun-Yan u.a.: Generative Visual Manipulation on the Natural Image Manifold. In: Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV) (2016), S. 597–613.