

Die Sammlung als Netz

Potenzielle und Grenzen der Netzwerkanalyse einer Sammlungsdokumentation

Claus Werner

Einführung

Wissen ist Vernetzung von Informationen. Dieser Gedanke ist zugegebenermaßen nicht neu, spielt jedoch in Hinblick auf Sammlungen seit einigen Jahren eine wachsende Rolle.¹ Unterstützt wird dieses Vernetzungsparadigma aus verschiedenen Richtungen. In wissenschaftlichen Disziplinen wie der Archäologie, der Ethnologie oder den Material Culture Studies und nicht zuletzt der Museologie gewann der multidimensionale Blick und die Berücksichtigung der Vieldeutigkeit der Objekte und ihrer ›Verwebungen‹ mit der Welt als Untersuchungsgegenstand an Relevanz.² Eine gesellschaftliche Motivation ergibt sich aus den Forderungen, Sammlungsbestände neu zu deuten und bisher marginalisierte Realitäten aufzunehmen und darzustellen.³ Flankiert wurde dies auf technischer Seite durch die Entwicklungen im Rahmen des Semantic Webs und Linked Open Data, mit denen das Verbinden der Metadaten zu Objekten mit verschiedensten Wissensbeständen ermöglicht werden soll. Dabei gerieten die Parallelen zwischen der netzartigen Struktur des Internets

- 1 Nachstehende Überlegungen basieren auf dem gemeinsamen Vortrag von Stefan Przigoda und dem Autor über »Die Sammlung als Netz. Potentiale und Grenzen der Netzwerkanalyse einer Museumsdokumentation«. Für die Publikation wurde der ursprüngliche Vortrag aus sachlich-inhaltlichen Gründen unterteilt. Siehe auch den Beitrag von Stefan Przigoda in diesem Band.
- 2 Vgl. hierzu für die Archäologie: Hodder (2012); für die Ethnologie: Thomas (1991); für die Material Culture Studies: Kopytoff (1986); für das Museumswesen: Griesser (2016); Pearce (1990); für die Wissenschaftsgeschichte: te Heesen (2010).
- 3 Davon zeugt die Vielzahl an Literatur zum Thema Partizipation und Migration an Museen sowie der (post-)kolonialen Verantwortung von Museen, für die stellvertretend hier verschiedene Leitfäden wie der des Deutschen Zentrums Kulturgutverluste zur Provenienzforschung (2019) oder die des Deutschen Museumsbundes zum Umgang mit Sammlungsgut aus kolonialen Kontexten (ebenfalls 2019), zum Thema Migration (2015) und zur Inklusion (2013) genannt werden sollen.

und der assoziierenden Zusammenstellung von Objekten und Dokumenten im Museum in den Blick.⁴ Das Vernetzen als Paradigma einer Sammlungsstruktur tritt zunehmend an die Stelle des Ordnens.

Doch in den Darstellungsweisen werden Objekte meist isoliert in einer deskriptiven Beschreibung oder entlang einzelner, konkreter Aspekte zu Ergebnislisten zusammengestellt. Die vielfältigen Verflechtungen werden zwar dokumentiert, doch zum Überblicken dieser netzwerkartigen Strukturen eignen sich diese traditionellen Formen nicht. Die Vielfalt an Verbindungen sammlungsintern und -übergreifend anhand unterschiedlichster Dimensionen darzustellen, steht immer noch am Anfang.⁵ Im Folgenden soll daher erörtert werden, inwiefern die graphenbasierte Netzwerkanalyse eine Möglichkeit darstellt, dieses Wissensnetz zu visualisieren und zu analysieren.

Nach einer kurzen Vorstellung der Netzwerkanalyse und den ihr zugrunde liegenden Graphen wird dieser Aufsatz Überlegungen zur Datenmodellierung für eine Netzwerkanalyse von Sammlungsdaten anstellen. Abschließend geht es um die Herausforderungen in der wissenschaftlichen Kommunikation, die sich im Rahmen einer Netzwerkvisualisierung ergeben. Diese Ausführungen basieren auch auf ersten Versuchen der Netzwerkanalyse am Montanhistorischen Dokumentationszentrum (montan.dok), der zentralen sammlungsbezogenen Forschungsinfrastruktur des Deutschen Bergbau-Museums Bochum (DBM). Sie umfassten die zeitdynamische Darstellung der im Bergbau-Archiv Bochum gemeinsam vergebenen Schlagwörter und deren Clusterbildung (Abb. 1), die Herstellernetzwerke in der Grafikproduktion (Abb. 2) oder die Visualisierung des Zusammenhangs von Verhandlungspartnern und Erwerbungsarten verschiedener Objektgattungen für die Kunstsammlung des Bergbau-Museums 1930 bis 1937 (Abb. 3).⁶ Als Visualisierungsssoftware diente Gephi.⁷

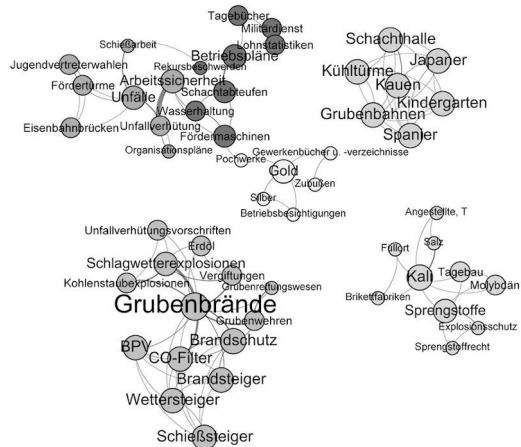
4 Diese Parallele zog zuerst Parry (2007). Im deutschsprachigen Raum griff diesen Gedanken besonders Werner Schweibenz auf, vgl. Schweibenz (2008); Schweibenz (2015), S. 143; in jüngster Zeit wurde er ausführlich weitergeführt von Niedererth (2018).

5 Vgl. Jones (2018), S. 5. Für erste Beispiele vgl. Krempel (2016) oder die Netzwerkanalyse der Sammlung des Smithsonian American Art Museum von Matthew Lincoln, URL: http://matthewlincoln.net/assets/gephi/saam_network/ [30.06.2020].

6 Ich danke Anna-Magdalena Heide für die bereitgestellten Daten, die sie im Rahmen ihres Dissertationsvorhabens *Man kann Bergleute nicht grotesk schnitzen. Bergmännische Darstellungen in der Kunst-Sammlung des Bochumer Bergbaumuseums in der Ära Heinrich Winkelmann (1928-1966)* erfasst hatte. Zur Dissertation siehe: <https://www.bergbaumuseum.de/forschung/forschungsprojekte/projekt-detailseite/man-kann-bergleute-nicht-grotesk-schnitzen-bergmaennische-darstellungen-in-der-kunst-sammlung-des-bochumer-bergbaumuseums-in-der-aera-heinrich-winkelmann-19281966> [30.06.2020].

7 Homepage Gephi, URL: <https://gephi.org/> [30.06.2020].

Abbildung 1: Das Netzwerk gemeinsam vergebener Schlagworte im Bergbau-Archiv Bochum 1995. Bild: Claus Werner.



Die Methode der Netzwerkanalyse

Ein wesentliches Merkmal der Netzwerkanalyse ist ihr Ansatz, nicht die einzelnen Elemente eines Netzwerks und deren Eigenschaften in den Blick zu nehmen, sondern die Beziehungen zwischen den Elementen und die daraus resultierende Zusammensetzung und Charakteristika.⁸ Dies können beliebig miteinander verknüpfte Einheiten sein, zum Beispiel Netzwerke aus Briefkorrespondenzen oder Freundschaftsverhältnisse, Twitter-Netzwerke, Flugverbindungen, die technischen Netze der Energieversorger oder biochemische Prozesse.⁹ Insbesondere dank des Internets und der generell gesteigerten Verfügbarkeit digitaler Daten – Stichwort: Big Data – erfuhr die Netzwerkanalyse in den letzten Jahren zunehmende Aufmerksamkeit.¹⁰

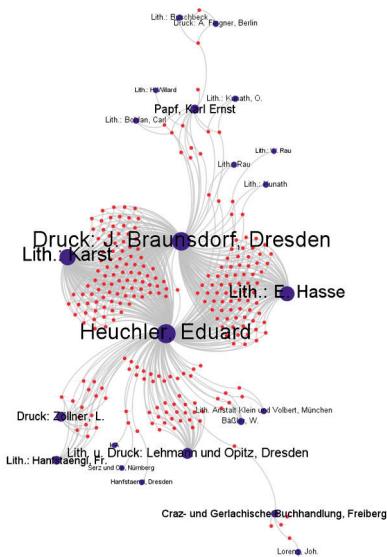
Ein Erkenntnisinteresse von Netzwerkanalysen ist die Identifikation von Verbindungen, die für den Zusammenhalt wichtig sind sowie von Netzwerkmitgliedern, die durch einen hohen Grad an Verbindungen mit anderen Teilnehmern auffallen. Ebenso interessieren auch kürzeste Wege zwischen entlegenen Teilen des Netzwerks oder die Bildung von Clustern, womit untereinander besonders eng verbundene Netzwerkgruppen gemeint sind. Als quantitatives Verfahren beruht

⁸ Vgl. Jansen (2014), S. 12, S. 16.

9 Vgl. Jannidis (2017), S. 147.

10 Vgl. Efer (2017), S. 51f.

Abbildung 2: Auszug aus dem Hersteller-Netzwerk von Künstlern und Druckereien. Ausgangspunkt sind hier die in der Sammlung des DBM vorhandenen Motive des Freiberger Professors für Baukunst und Architekten Eduard Heuchler (1799 bis 1879). Bild: Claus Werner.



die Netzwerkanalyse im Falle von Objektsammlungen auf der Auswertung entsprechender Metadaten.¹¹ Diese umfasst beispielsweise die thematischen Schwerpunkte anhand der Gruppierung gemeinsam vergebener Schlagworte, die Verbindung von Sammlungen durch den Austausch von Exponaten¹² oder die Zusammenhänge verschiedener Aspekte wie etwa Bezugsquellen, regionale Schwerpunkte und Erwerbungsart in der eigenen Sammlungsgeschichte.

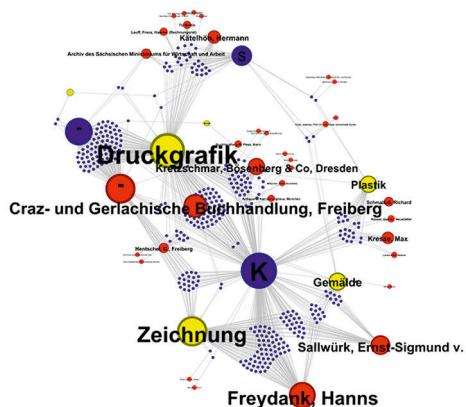
Grundlage für die Analyse und Visualisierung ist die Graphentheorie.¹³ Dieses Teilgebiet der Mathematik abstrahiert Netzwerke zu einer Struktur, die nur

11 Auf die quantitativen Größen eines Netzwerks kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Vgl. dazu Krempel (2016), S. 69, 157, 251; Cherven (2015), S. 196; Schnegg/Lang (2001), S. 35-41. Auch auf die mathematischen Modelle gehen ein: Wintergrün (2019), S. 73-79; Jannidis (2017), S. 152.

12 Ein solches Beispiel zeigt Krempel (2016), S. 146, Abbildung 3.20: *Größte Komponente in der Projektion von Sammlungen über Objekte*.

13 Freeman (2004), S. 3.

Abbildung 3: Verhandlungspartner und Erwerbungsart (K für Kauf, S für Schenkung) verschiedener Objektgattungen für die Kunstsammlung des Bergbau-Museums 1930 bis 1937 (Auszug).
 Bild: Claus Werner.



aus zwei Bausteinen besteht: den Objekten eines Netzwerks, auch *Knoten* genannt, und den zwischen diesen bestehenden Verbindungen, den *Kanten*. Letztlich werden Graphen dadurch berechenbar, so dass die oben gestellten Fragen nach zentralen Stellen im Netzwerk, herausragenden Verbindungen oder Gruppenbildungen nun mittels Kennzahlen beantwortet werden können. Darüber hinaus können Graphen aufgrund ihrer abstrakten Struktur mit zusätzlichen Informationen ausgestattet werden, die über die Beziehungen im Graphen hinausgehen. Die Knotengröße kann z.B. für die Häufigkeit des Vorkommens eines Schlagworts stehen (wie in Abb. 1) oder Informationen können nach Farbe unterschieden werden (wie in Abb. 3 zur Unterscheidung von Bezugsquelle, Erwerbsart und Objektgattung). So können die Graphenelemente je nach Erkenntnisinteresse bestimmte Sachverhalte repräsentieren.¹⁴

Die Stärke von Graphen liegt somit darin, Beziehungen darzustellen. Die semantischen Modelle zur formalen Repräsentation von Informationen, wie sie in virtuellen Forschungsumgebungen wie der Wissenschaftlichen Kommunikations-

14 Vgl. Jannidis (2017), S. 148

infrastruktur (WissKI)¹⁵ oder dem ResearchLab des British Museums verwendet werden, können als Wissensgraphen abgebildet werden.¹⁶ Diese Datenmodellierung mit Hilfe von Ontologien wie dem CIDOC CRM dient dem nachhaltigen und maschinenlesbaren Erschließen relevanter Sachverhalte.¹⁷ Im Fokus steht die präzise Darstellung von semantischen Bezügen.

In der Netzwerkanalyse als quantitativer Methode geht es jedoch gerade *nicht* um diese Bedeutungen. Die hier zur Analyse verwendeten Algorithmen berücksichtigen allein die Stellung eines Knotens innerhalb eines Netzwerks, in Unkenntnis seiner Bedeutung. Netzwerkanalysen sind daher viel stärker auf eine Fragestellung zugeschnitten.¹⁸ Die Konsequenz ist, dass das Modell eines Wissensgraphen nicht einfach für die Netzwerkanalyse übernommen werden kann, sondern dessen Komplexität durch ein auf die Fragestellung hin entworfenes Modell reduziert werden muss.¹⁹

Datenmodellierung

Auch wenn sich die Frage nach den Entitäten des Netzwerks, ihren Attributen und schließlich den Relationen zueinander für die Analyse neu stellt,²⁰ muss dies

15 Vgl. Homepage WissKI, URL: <http://wiss-ki.eu> [30.06.2020]; Görz (2011) oder den Beitrag von Udo Andraschke/Sarah Wagner in diesem Band.

16 Vgl. das Beispiel der Graphdarstellung der Material- und Herstellungsangaben zur Börse aus dem Schiffsgrab von Sutton Hoo im ResearchSpace des British Museums, URL: https://demo.researchspace.org/resource/?repository=assets&uri=https%3A%2F%2Fdemo.researchspace.org%2Fcontainer%2FfontodiaDiagramContainer%2FPurse-lid_materials_and_techniques [30.06.2020]. Allgemein zum ResearchSpace, vgl. URL: <https://www.researchspace.org/> [30.06.2020].

17 Ontologien sind stark formalisierte Wissensrepräsentationen über einen spezifischen Gegenstandsbereich. Für das materielle Kulturerbe ist dies das CIDOC Conceptual Reference Model (CRM) des ICOM. Es beschreibt semantische Bezüge im Bereich des Kulturerbes, insbesondere mit dem Ziel eines technischen Informationsaustauschs zwischen Institutionen wie Museen, Bibliotheken oder Archiven. Zum CIDOC CRM vgl. Homepage CIDOC CRM, URL: www.cidoc-crm.org/ [30.06.2020]; Rehbein (2017), S. 174; Haffner (2016), S. 195; Lampe/Krause/Doerr (2010) oder den Beitrag von Udo Andraschke und Sarah Wagner in diesem Band. Zum Thema Ontologien im Einsatz für digitales Kulturerbe und einer kritischen Einschätzung des CIDOC CRM vgl. Hohmann/Fichtner (2015).

18 Zur Unterscheidung vgl. Jannidis (2017), S. 102, S. 107. Dirk Wintergrün bringt in seiner Dissertation die semantische Modellierung mit der mathematischen Netzwerkanalyse zusammen, um Wissensstrukturen mit den Mitteln der Informatik für die historische Forschung auszuwerten, vgl. Wintergrün (2019).

19 Vgl. dazu auch mit Blick auf den Visualisierungsaspekt einer Netzwerkanalyse Rehbein (2017), S. 333.

20 Vgl. Jannidis (2017), S. 102.

nicht im gleichsam luftleeren Raum geschehen, da eine Orientierung am Datenmodell der verwendeten Forschungsumgebung oder Datenbank dennoch denkbar ist. Dies kann, wie im Folgenden zu zeigen ist, anhand der Mengenangaben der Beziehungstypen, den sogenannten *Kardinalitäten* geschehen. Diese Kardinalitäten geben an, wie viele Instanzen eines Entitätstyps mit denen eines anderen Typs in Beziehung stehen können.²¹ Dabei sind besonders zwei Formen interessant: *many-to-many*- und *one-to-many*-Beziehungen.

In ersterer können beliebig viele Entitäten eines Typs mit beliebig vielen eines anderen Typs in Beziehung stehen und umgekehrt (eine n:m-Kardinalität). Dadurch können sie von sich aus ein verzweigtes Netzwerk aufspannen. Beispiele dafür sind Beziehungen zwischen Typen wie Personen, Körperschaften, Begriffen, Gegenständen und Geografika. Abb. 2. zeigt den Graphen eines solchen Netzwerks: Jedes Objekt kann mehrere Hersteller (in verschiedenen Rollen) haben und jeder einzelne Hersteller mehreren Objekten zugeordnet werden: eine n:m-Beziehung, die Kooperationen in der Kunstproduktion zeigt.

Etwas anders stellt sich die Lage bei Beziehungen vom Typ 1:n, als zweite Form, dar. Hier kann die Entität eines Typs mit beliebig vielen Entitäten eines anderen Typs in Beziehung stehen, jedoch umgekehrt Entitäten des zweiten Typs nur mit maximal einer des ersten. Ein Beispiel hierfür wäre die eindeutige Vergabe von Objektnamen: Einem Objekt wird nur ein Name zugewiesen, während derselbe Name bei mehreren Objekten verwendet wird. Visualisiert würde dieses Beispiel einen Graphen mit vielen kleinen, nicht miteinander verbundenen Komponenten ergeben, in dem sich um einzelne Objektnamen alle damit bezeichneten Objekte gruppieren würden. Ein zunächst wenig aussagekräftiger Graph.

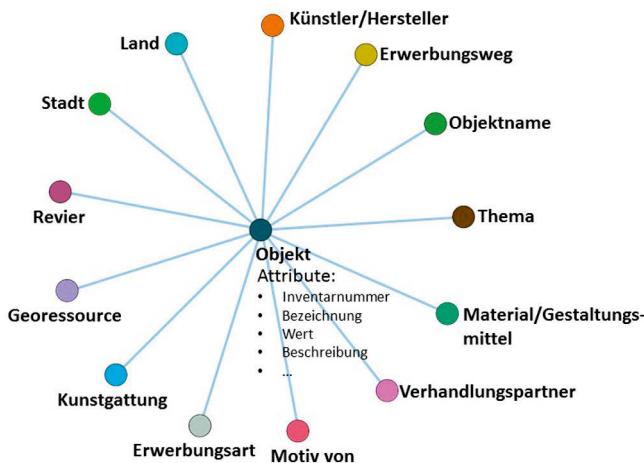
Ergiebiger ist jedoch die Kombination verschiedener 1:n-Beziehungen wie in Abb. 3 dargestellt. Diese zeigt einen Auszug aus den Verbindungen von Verhandlungspartner und Erwerbungsart für verschiedener Objektgattungen in der Kunstsammlung des Bergbau-Museums von 1930 bis 1937. Die Datengrundlage bildeten 382 Objekte sowie die zu ihnen verzeichneten Verhandlungspartner beim Objekterwerb, die Erwerbungsart und der Objektname. Da zu jedem Objekt jeweils nur eine Ausprägung dieser Kategorien verzeichnet wurde, umgekehrt aber Objektnamen, Erwerbungsarten und Verhandlungspartner bei mehreren Objekten vorkommen können, ist dieser Graph eine Kombination aus drei Arten von 1:n-Beziehungen.

Durch diese Modellierung gruppieren sich Objekte, die mit denselben Verhandlungspartnern, derselben Erwerbungsart und gleicher Objektbezeichnung verbunden sind zueinander (zum Einfluss des Layout-Algorithmus s.u.). Die Objekte dienen gewissermaßen als »Hubs« zwischen den verschiedenen anderen Entitäten und lassen diese aneinanderrücken. Abb. 3 stellt bereits das gefilterte Ergebnis

²¹ Vgl. Hooland/Verborgh (2014), S. 23f.

eines umfassenderen Graphen dar, der noch weitere Beziehungen enthält, wie etwa Hersteller, Motive, Rohstoffe oder geografische Bezüge. Die Datenmodellierung des Gesamtgraphen zeigt Abb. 4.

Abbildung 4: Verwendetes Datenmodell für die Visualisierung von Teilen der Kunstsammlung. Bild: Claus Werner.



Als alternative Modellierung wäre die Verwendung typisierter Kanten denkbar. Dadurch können zwei Knoten durch mehr als nur eine Kante verbunden werden.²² Dies ermöglicht die Unterscheidung von Beziehungsarten wie etwa Besitz- oder Herstellungsbeteiligungen, Teil-Ganzes-Beziehungen, räumliche Bezüge oder Verweise auf andere Dokumente oder Literatur durch verschiedene Kantentypen. War z.B. eine Firma für ein Objekt sowohl Hersteller als auch Bezugsquelle, würde sich dies durch zwei Kanten zwischen Objekt und Firma ausdrücken (vgl. Abb. 5 für ein beispielhaftes Modell mit parallelen Kanten). Auf diese Art können sich Kanten anhand der im konkreten Datenbankmodell verwendeten Beziehungsarten oder den Properties nach dem CIDOC CRM orientieren. Allerdings stellt die Visualisierung und Analyse eines Multigraphen höhere Ansprüche an die verwendete Software. So ist die Darstellung von Multigraphen z.B. durch Gephi nicht möglich.

²² Vgl. Jannidis (2017), S. 148f.

Abbildung 5: Beispiel des Datenmodells mit parallelen Kanten. Bild: Claus Werner.



Kommunizieren mit Graphen

Graphen bieten somit die Möglichkeit komplexe Zusammenhänge darzustellen. Aufgrund ihres hohen Abstraktionsniveaus sowie der Gefahr einer wirren Knotenanordnung können sie jedoch sehr unübersichtlich geraten. Insbesondere Sammlungsdaten treten mitunter in großen Massen und mit einer Vielzahl an verschiedenen Entitätstypen und Entitäten auf, weshalb die resultierenden Graphen mittels Filtern, Einfärbungen und der Knotengröße sowie speziellen Layout-Algorithmen weiter gestaltet werden müssen, um einen lesbaren und aussagekräftigen Graphen anstelle eines unübersichtlichen »Hairball« zu erhalten.²³

Insbesondere die Layout-Algorithmen, durch welche die Position der Knoten zueinander bestimmt werden, beeinflussen das Erscheinungsbild und somit die Aussagekraft eines Graphen entscheidend.²⁴ Eine eigene Klasse von solchen Algorithmen sind die »kräftebasierten« Positionierungsverfahren.²⁵ Diese simulieren Anziehungs- und Abstoßungskräfte zwischen Knoten. In dieser Simulation stoßen sich Knoten ohne Kanten ab, während miteinander verbundene Knoten voneinander angezogen werden. Solche Algorithmen laufen in der Regel iterativ ab, d.h.

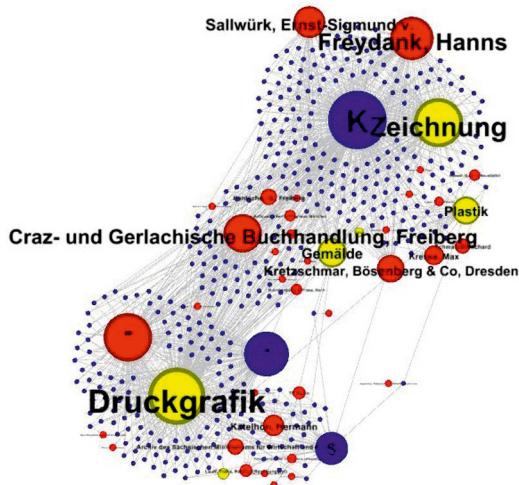
23 Zu den Gestaltungsmitteln von Graphen vgl. Perer (2010).

24 Vgl. Rehbein (2017), S. 338. Für eine umfangreichere Behandlung dieses Problems vgl. Tamasia (2014).

25 Vgl. Krempel (2016), S. 65-67; Kobourov (2014), S. 383-408.

die Knoten-Positionierung ist nie wirklich beendet, wobei allerdings Abbruchbedingungen definiert sind. Die Darstellungsmethode findet somit nie ein endgültiges Ergebnis. Hinzu kommt, dass innerhalb eines Algorithmus verschiedene Werte eingestellt werden können, die das Aussehen eines Graphen weiter beeinflussen (Abb. 6).

Abbildung 6: Dieselben Daten wie für Abb. 3, diesmal allerdings nach Anwendung von »OpenOrd«²⁶, einem Layout-Algorithmus, der für die Darstellung von Clustern ausgelegt ist. Bild: Claus Werner.



Ein Graph ist somit eine bildliche Interpretation eines Datensatzes und ein Endprodukt einer langen Kette an Selektionsentscheidungen und Produktionseinstellungen, die es für andere transparent zu kommunizieren gilt.²⁷ Der Graph allein bedeutet noch nicht, dass das zugrunde liegende Datensample und dessen Zustandekommen unmittelbar verständlich sind. Es besteht die Gefahr, dass Visualisierungen als Fakten und nicht als Interpretation von Daten wahrgenommen werden.²⁸ Dies stellt an die Reproduzierbarkeit und Überprüfbarkeit der daraus

²⁶ Vgl. Martin/Brown/Klavans/Boyack (2011).

²⁷ Dies geben in einem interdisziplinären Vergleich zu bedenken: Krischel/Kressing/Fangerau (2009).

²⁸ Vgl. Wieringa/Geenen/Es/Nuss (2019), S. 292.

gezogenen Erkenntnisse besondere Anforderungen. Nicht nur der Graph und dessen Datenmodell, sondern bereits das zugrundeliegende Datenset muss in seinem Zustandekommen und seiner Auswahl erläutert werden.²⁹ Aufgrund der teilweise problematischen Datengrundlage musealer Sammlungsdokumentation,³⁰ bei der Uneinheitlichkeiten und verschiedene Erschließungsstände und -weisen selbst innerhalb von Sammlungen eine besondere Herausforderung darstellen können,³¹ stellt bereits die Datengrundlage eine Selektion dar, die es transparent zu kommunizieren gilt. Ferner bedarf es einer Vorstellung und kritischen Beurteilung der verwendeten Analyse- und Visualisierungs-Tools. Besonders schwierig ist die Nachvollziehbarkeit der getroffenen Maßnahmen und der dahinter stehenden Absichten im Analyse- und Gestaltungsprozess, die das Erscheinungsbild eines Graphen unmittelbar beeinflussen.³²

Fazit

Zusammenfassend erfordert die Netzwerkanalyse einen erheblichen Aufwand sowohl hinsichtlich der Aufbereitung der Daten als auch an die Kontextualisierung und Dokumentation des Vorgehens, um die Ergebnisse interpretierbar zu machen. Um den Arbeitsaufwand zu minimieren, sind zwei Maßnahmen besonders wichtig: Zum einen die Verwendung einheitlicher, kontrollierter Datenwerte, um die Datenaufbereitung zu vereinfachen, z.B. durch kontrollierte Vokabulare und einheitliche Schreibweisen. Zum anderen hilft eine Veröffentlichung und Dokumentation des für die Datenbank verwendeten Modells, am besten orientiert an gängigen Ontologien, um anhand der verwendeten Entitäten und Relationen das Modell für eine Netzwerkanalyse zu erstellen und dieses mit dem Modell der Datenbank zu mappen. Netzwerkanalysen können so eine quantitative Ergänzung zur qualitativ-hermeneutischen Interpretation von Sammlungen sein, die entweder als Hypothesengenerator auf bisher unbeachtete Phänomene aufmerksam machen, oder bereits Bekanntes oder aus der Erfahrung »Gehahntes« empirisch verifizieren können.

Literatur

Bubenhofer, Noah: Drei Thesen zu Visualisierungspraktiken in den Digital Humanities, in: Rechtsgeschichte, 24 (2016), S. 351-355.

29 Zur Problematisierung der vermeintlichen Objektivität und visuellen Evidenz der Datenvi-sualisierung vgl. Reichert (2014), S. 514.

30 Vgl. dazu den Beitrag von Stefan Przigoda in diesem Band.

31 Vgl. Haffner (2016), S. 192f.

32 Vgl. Wieringa/Geenen/Es/Nuss (2019), S. 287-290; Bubenhofer (2016), S. 352f.

Cherven, Ken: Mastering Gephi network visualization, Birmingham 2015.

Deutsches Zentrum Kulturgutverluste (Hg.): Leitfaden Provenienzforschung zur Identifizierung von Kulturgut, das während der nationalsozialistischen Herrschaft verfolgungsbedingt entzogen wurde, Berlin 2019.

Deutscher Museumsbund (Hg.): Leitfaden. Umgang mit Sammlungsgut aus kolonialen Kontexten, 2. Fassung, Berlin 2019.

Deutscher Museumsbund (Hg.): Museen, Migration und kulturelle Vielfalt. Handreichungen für die Museumsarbeit, Berlin 2015.

Deutscher Museumsbund (Hg.): Das inklusive Museum – Ein Leitfaden zu Barrierefreiheit und Inklusion, Berlin 2013.

Efer, Thomas: Graphdatenbanken für die textorientierten e-Humanities, Leipzig 2017.

Freeman, Linton C.: The development of social network analysis. A study in the sociology of science, Vancouver 2004.

Görz, Günther: WissKI: Semantische Annotation, Wissensverarbeitung und Wissenschaftskommunikation in einer virtuellen Forschungsumgebung, in: Kunstgeschichte. Open Peer Reviewed Journal, 2011; verfügbar unter: urn:nbn:de:bvb:355-kuge-167-7 [30.06.2020].

Griesser, Martina u.a. (Hg.): Gegen den Stand der Dinge. Objekte in Museen und Ausstellungen, Berlin 2016.

Haffner, Dorothee: Standardisierung der Daten und der Datenstruktur, automatisierte Abläufe, in: Markus Walz (Hg.): Handbuch Museum, Stuttgart 2016, S. 190-194.

Haffner, Dorothee: Datenausgabebedarf, Open Access, in: Markus Walz (Hg.): Handbuch Museum. Stuttgart 2016, S. 194-198.

Heesen, Anke te: Objekte der Wissenschaft. Eine wissenschaftshistorische Perspektive auf das Museum, in: Joachim Baur (Hg.): Museumsanalysen. Methoden und Konturen eines neuen Forschungsfeldes, Bielefeld 2010, S. 213-230.

Hodder, Ian: Entangled. An archaeology of the relationships between humans and things, Malden, Mass., 2012.

Hohmann, Georg/Fichtner, Mark: Chancen und Herausforderungen in der praktischen Anwendung von Ontologien für das Kulturerbe, in: Caroline Robertson-von Trotha/Ralf Schneider (Hg.): Digitales Kulturerbe: Bewahrung und Zugänglichkeit in der wissenschaftlichen Praxis, Karlsruhe 2015, S. 115-128; verfügbar unter: <https://d-nb.info/1068855428/34> [30.06.2020].

Hooland, Seth van/Verborgh, Ruben: Linked Data for Libraries, Archives and Museums. How to clean, link and publish your metadata, London 2014.

Jansen, Dorothea: Einführung in die Netzwerkanalyse, 4. überarb. Aufl., Wiesbaden 2014.

Jannidis, Fotis: Grundlagen der Datenmodellierung, in: Fotis Jannidis/ Hubertus Kohle/ Malte Rehbein (Hg.): *Digital Humanities. Eine Einführung*, Stuttgart 2017, S. 99-108.

Jannidis, Fotis: Netzwerke, in: Fotis Jannidis/Hubertus Kohle/Malte Rehbein (Hg.): *Digital Humanities. Eine Einführung*, Stuttgart 2017, S. 147-161.

Jacomy, Mathieu/Venturini, Tommaso/Heymann, Sébastien/Bastian, Mathieu: ForceAtlas2, a continuous graph layout algorithm for handy network visualization designed for the Gephi software, *PLoS One*, 9 (2014); verfügbar unter: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098679> [30.06.2020].

Jones, Michael: From catalogues to contextual networks: reconfiguring collection documentation in museums, in: Archives and Records. The Journal of the Archives and Records Association, 39 (2018), S. 4-20.

Kobourov, Stephen G.: Force-Directed Drawing Algorithms, in: Roberto Tamassia (Hg.): *Handbook of Graph Drawing and Visualization*, Boca Raton 2014, S. 383-408.

Kopytoff, Igor: The Cultural Biography of Things. Commoditization as Process, in: Arjun Appadurai (Hg.): *The Social Life of Things. Commodities in Cultural Perspective*, Cambridge 1986, S. 64-91.

Krempel, Rasmus: Netze, Karten, Irrgärten: Graphenbasierte explorative Ansätze zur Datenanalyse und Anwendungsentwicklung in den Geisteswissenschaften, Köln 2016; verfügbar unter: <https://kups.ub.uni-koeln.de/7533/> [30.06.2020].

Krischel, Matthias/Kressing, Frank/Fangerau, Heiner: Computergestützte Netzwerkanalyse in Biologie, Sprach- und Geschichtswissenschaft, in: Informatik 2009: Im Focus das Leben, Beiträge der 39. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), 28.9.-2.10.2009, Lübeck, S. 860-872.

Lampe, Karl-Heinz/Krause, Siegfried/Doerr, Martin (Hg.): Definition des CIDOC Conceptual Reference Model. Version 5.0.1, autorisiert durch die CIDOC CRM Special Interest Group (SIG), Berlin 2010.

Martin, Shawn/Brown, W. Michael/Klavans, Richard/Boyack, Kevin W.: OpenOrd: An Open-Source Toolbox for Large Graph Layout, Visualization and Data Analysis 2011; verfügbar unter: <https://doi.org/10.1117/12.871402> [30.06.2020].

Niewerth, Dennis: Dinge – Nutzer – Netze. Von der Virtualisierung des Musealen zur Musealisierung des Virtuellen, Bielefeld 2018.

Parry, Ross: Recoding the Museum. Digital heritage and the technologies of change, London/New York 2007.

Pearce, Susan M. (Hg.): *Objects of Knowledge. New Research in Museum Studies*, London 1990.

Perer, Adam: Finding Beautiful Insights in the Chaos of Social Network Visualizations, in: Julie Steele/Noah Iliinsky (Hg.): *Beautiful Visualization*, Sebastopol 2010, S. 157-173.

Reichert, Ramón: Digital Humanities, in: Jens Schröter/Simon Ruschmeyer/Elisabeth Walke (Hg.): *Handbuch Medienwissenschaft*, Stuttgart 2014, S. 511-515.

Rehbein, Malte: Ontologien, in: Fotis Jannidis/Hubertus Kohle/Malte Rehbein (Hg.): *Digital Humanities. Eine Einführung*, Stuttgart 2017, S. 162-176.

Rehbein, Malte: Informationsvisualisierung, in: Fotis Jannidis/Hubertus Kohle/Malte Rehbein (Hg.): *Digital Humanities. Eine Einführung*, Stuttgart 2017, S. 328-342.

Schnegg, Michael/Lang, Hartmut: *Netzwerkanalyse. Eine praxisorientierte Einführung*, Hamburg 2001 (= Methoden der Ethnografie, 1).

Schweibenz, Werner: *Vom traditionellen zum virtuellen Museum. Die Erweiterung des Museums in den digitalen Raum des Internets*, Frankfurt a.M. 2008.

Schweibenz, Werner: *Museum analog, Museum digital. Die Virtualisierung des Museums und seiner Objekte*, in: Eckhard Bolenz u.a. (Hg.): *Wenn das Erbe in die Wolke kommt. Digitalisierung und kulturelles Erbe*, Essen 2015, S. 137-151.

Tamassia, Roberto (Hg.): *Handbook of Graph Drawing and Visualization*, Boca Raton 2014.

Thomas, Nicholas: *Entangled objects. Exchange, material culture, and colonialism in the Pacific*. Cambridge, Mass., 1991.

Wieringa, Maranke/Geenen, Daniela van/Es, Karin van/Nuss, Jelmer van: *The Fieldnotes Plugin: Making Network Visualization in Gephi accountable*, in: Angela Daly/Kate Devitt/Monique Mann (Hg.): *Good data*, Amsterdam 2019 (= Theory on Demand, 29), S. 277-296.

Wintergrün, Dirk: *Netzwerkanalysen und semantische Datenmodellierung als heuristische Instrumente für die historische Forschung*, Dissertation, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg 2019; verfügbar unter: <http://hdl.handle.net/21.11116/0000-0003-F378-4> [30.06.2020].