

Tagungsbericht

Algorithmische Wissenskulturen?

Der Einfluss des Computers auf die Wissenschaftsentwicklung
Workshop im Deutschen Museum, München
12. bis 14. September 2017

VON RUDOLF SEISING

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts gehen neue Gespenster um: die Gespenster der Computerisierung, der Digitalisierung und der Algorithmisierung. Und mit diesen kommen altbekannte Gespenster der Theoretisierung wissenschaftlich-technischer Entwicklungen im Gefolge mit. Zweierlei geht aus dieser Tatsache hervor:

- *Computerisierung, Digitalisierung und Algorithmisierung werden bereits von den Wissenschaften als eine Macht anerkannt.*
- *Es wird Zeit, dass Wissenschafts-, Technik-, Medien- und Kulturforscher ihre Anschauungsweise, ihre Zwecke, ihre Tendenzen darlegen, und dem Märchen von den Gespenstern der Computerisierung, der Digitalisierung und der Algorithmisierung eine historisch-philosophische Aufarbeitung entgegengestellt wird.*

Zu diesem Zweck haben sich Wissenschaftler/innen unterschiedlicher Disziplinen zur Reflexion dieser Entwicklung versammelt, um über diese Gespenster zu diskutieren.¹

Neben Ulf Hashagen (München), Gerard Alberts (Amsterdam) und Gabriele Gramelsberger (Aachen) war der Autor des vorliegenden Tagungsberichts einer der Organisator/inn/en dieses Workshops. Gemeinsam vertreten sie die These, dass seit der Herausbildung des modernen Wissenschaftssystems im 19. Jahrhundert in einigen Natur- und Technikwissenschaften ausgeprägte numerische Wissenskulturen existierten, und dass solche im 20. Jahrhundert aufgrund der Rechnerentwicklung zu maschinenbasierten Wissenskulturen wurden.

Seit den 1960er Jahren, so die Ausgangsthese des Workshops, trat ‚das Algorithmische‘ der Computerwissenschaften und -technologie merklich in den Vordergrund, und, so die zweite These, es entstanden von uns so

¹ Sehr frei nach Karl Marx u. Friedrich Engels, Manifest der Kommunistischen Partei, London 1848.

genannte ‚algorithmische Wissenskulturen‘. Dieser Begriff soll insbesondere einer grundlegenden epistemischen Transformation in zahlreichen wissenschaftlichen Disziplinen Rechnung tragen, eine Veränderung, die die Vorrangstellung der Modellbildung gegenüber der Theoriebildung innerhalb der Forschungsagenda betrifft, und die sogar zur Ausbildung rein modellierender und rechnerischer Äste solcher Fächer führte. Solche Entwicklungen zeigten beispielsweise die Computational Fluid Dynamics, die Computational Chemistry und die Computational Physics auf. Es entstanden aber auch reine Computational Sciences, wie die Klimawissenschaften.

Wir identifizieren somit wissenschaftliches Rechnen und Simulieren als konstituierende Elemente algorithmischer Wissenskulturen, aber, so unsere dritte These, damit ist der Begriff einer algorithmischen Wissenskultur weder wissenschaftsphilosophisch erschöpfend definiert noch wissenschaftshistorisch beschrieben und interpretiert. Forschungen müssen darauf abzielen, auch die Ansätze zur computerisierten Mustererkennung, die Anwendung statistischer Methoden und neue Techniken der Datenanalyse bzw. der sogenannten ‚Wissensextraktion aus Datenbanken‘ zu berücksichtigen, die zur Entwicklung von Wissensbereichen zu algorithmischen Wissenskulturen beitrugen. Dementsprechend konstatierte *Ulf Hashagen* in seinem Einführungsvortrag, dass der ‚Simulations‘-Leitdiskurs über die ‚Computerrevolution‘ in den Wissenschaften soeben von einem Big-Data-Leitdiskurs abgelöst wurde und mithin die *model-driven science* von einer geradezu allgewaltigen computerbasierten *data-driven science*.

Toni Bernhart (Stuttgart) wies in seinem Beitrag darauf hin, dass es meist Technikwissenschaftler und Mathematiker waren, die sich seit dem 19. Jahrhundert die numerischen Verfahren zueigen machten, und dies auch, wenn der Forschungsgegenstand aus den Geisteswissenschaften stammte.

Bernhart führte die interessanten Beispiele des Mediziners und Physikers Thomas Young, der 1819 mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitstheorie die damals drängende Frage der Sprachenverwandtschaft zu klären und die Hieroglyphen zu entschlüsseln versuchte, des Philosophen und Mathematikers Moritz W. Drobisch, der 1866 mit statistischen Verfahren den Gebrauch und die formale Entwicklung des Hexameters in der griechischen und lateinischen Literatur bestimmte, des Physikers Thomas C. Mendenhall, der sich um 1887 mit der ungeklärten Autorschaftsfrage in den Werken von Shakespeare, Marlow oder Bacon beschäftigte sowie des Reichsbank-Kalkulators Friedrich W. Kaeding, der 1898 ein *Häufigkeitswörterbuch der deutschen Sprache* erstellte, um damit die Stenografie zu optimieren, an. Die erzielten Ergebnisse blieben selten, weitgehend unbekannt und oft folgenlos. Erst im 20. Jahrhundert und mit Nutzung von elektronischen Computern führte dies zu den Anfängen dessen, was heute Digital Humanities genannt wird.

Der mathematikhistorisch hochspannende Vortrag von *Michael Friedman* (Berlin) zeigte anhand des Papierfaltens auf, wie sich die Handlungsweise

von Mathematikern vom haptischen Falten zur algorithmischen Lösung des Papierfaltungsproblems veränderte. Sieben Grundoperationen, die mit nur einer Falte gemacht werden, bilden das Axiomensystem für die faltungsbasierte Geometrie. In der weiteren Entwicklung kamen hier ab den 1990er Jahren Computerprogramme zum Einsatz. Nun wurde auch die Materialität der Papierfaltung interessant und weiterführende Fragen ließen sich fortan nicht mehr durch haptische Faltung, sondern durch das Programm *Mathematica* beantworten. Die epistemologische Verschiebung von der materiellen und praktischen Falttätigkeit zur Berechenbarkeit und Programmierbarkeit weist auf eine algorithmische Wissenskultur für die Welt des Origami hin.

Einen völlig anderen Ansatz, den epistemischen Wandel durch den Computer zu betrachten, verfolgte *Ricky Wichum* (Zürich) in seinem Beitrag zur Übersetzung des Programmbegriffs von den Arbeiten Herbert Simons zum Werk Niklas Luhmanns. Simon, der schon 1965 in Dartmouth bei dem Gründungsworkshop zu dem Artificial Intelligence genannten Forschungsgebiet eine wichtige Rolle spielte, als er gemeinsam mit Allen Newell die *Logic Theory Machine* programmiert hatte, verstand den Computer als eine symbolverarbeitende Maschine. Den davon abgegrenzten Begriff des Programms nutzte Luhmann für sein soziologisches Projekt, um zu verstehen, warum die gesellschaftlichen Teilsysteme trotz Veränderungen in der Umwelt weiterbestehen. Für Luhmann war ein Programm eine zwar formalisierte, aber flexible Form von Regeln, er sprach hier auch von „Elastizität“, die den Computer auf eine Situation reagieren ließ. Einen Algorithmus verstand er hingegen als mathematisch-logisches Rechenregelwerk, ohne dass der Sinn mitberücksichtigt werden muss.

Für den Mathematiker Alan Mathison Turing war die in der zweiten Hälfte der 1940er Jahre noch sehr neuen Computer betreffende „Eigenschaft der Digitalität von größerem Interesse als das Elektronische“.² Er sah Maschinenprozesse als die Ausführung von ‚Faustregeln‘ an, worauf *Eva Maria Nyckel* und *Thomas Nyckel* (München/Braunschweig) verwiesen. Dieser Sichtweise steht jene entgegen, die wohl die Mehrheit unter uns vertreten würde, dass nämlich Faustregeln (englisch: *rule of the thumb*) eine Methode sind, um schnell, aber ungenau einen Wert zu ermitteln. Dieser Sichtweise folgend war 1991 ein Zeitungsartikel über die Theorie unscharfer Mengen mit *Über den Daumen gepeilt* überschrieben, und so ist im Deutschen dieser Teil der Hand

2 „From the point of view of the mathematician the property of being digital should be of greater interest than that of being electronic. That it is electronic is certainly important because these machines owe their high speed to this, and without the speed it is doubtful if financial support for their construction would be forthcoming. But this is virtually all that there is to be said on that subject.“, in: Alan M. Turing: The State of the Art, Lecture to the London Mathematical Society on 20 February 1947, in: S. Barry Cooper u. Jan van Leuwen (Hg.), Alan Turing – His Work and Impact, Amsterdam u.a. 2013, S. 486.

im Spiel, wenn es um ‚Fuzzy-Regeln‘ geht.³ Dieses Verständnis von ‚Faustregel‘ als ‚unpräzise‘ bzw. ‚aus unbekanntem Grund‘ für *tacit inference* und damit eine nicht effiziente, nicht perfekte, bzw. nicht erkannte, letztlich nicht exakt-wissenschaftliche Methode finden die Nyckels auch bei dem Ingenieur und Arbeitswissenschaftler Frederick Winslow Taylor (1856–1915), der mit seiner Lehre des Scientific Management, die oft auch abwertend Taylorismus genannt wurde, anstrebte, nach und nach die Faustregeln durch exakte Methoden zu ersetzen.⁴

Während es Taylor um die Exaktheit der Entsprechung zwischen Modell und ‚realer Welt‘ ging, legte Turing Wert auf die Exaktheit der Beziehungen von Größen zueinander innerhalb des Modells. In dieser Verschiebung sehen die Nyckels schon den „epistemischen Bruch“, der sich dann später mit den Computer-Simulationen verfestigt habe. Neben (oder zwischen) Experiment und Modell wurde die Simulation geschoben, die sie nicht in der Welt, nicht in der Natur, sondern in einem mathematischen (oder, wie sie sagten, in einem „algorithmischen“) Raum ansiedelten. Als Beispiele dafür nannten sie die Entwicklung computergestützter Modelle für Klima- bzw. Atmosphärenphänomene. Diese wurden in drei Vorträgen thematisiert.

Matthias Heymann (Aarhus) wies darauf hin, dass die Komplexität von Klima bzw. Wetterphänomenen bis heute weder theoretisch zur Gänze erfasst noch analytisch lösbar ist. In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts wurden graphische oder auch numerische Näherungsverfahren zu ihrer Berechnung entwickelt. Das waren Faustregeln im Sinne Taylors. Ob diese dann immer weiter präzisiert werden konnten bzw. können und schließlich in exakte Gesetzmäßigkeiten münden, fragte *Manuel Kaiser* (Zürich), der die algorithmische Wissenskultur der numerischen Simulation dieser Prozesse als Nachfolgerin der vorherigen naturwissenschaftlichen Wissenskultur ansieht, in der ein Determinismus Laplace’scher Prägung die prinzipielle Vorhersagbarkeit und Kontrollierbarkeit zukünftiger Zustände trotz aller Komplexität postulierte. Es ging aber auch schon bald nach dem Zweiten Weltkrieg darum, das Wetter durch gezielte Eingriffe beeinflussen zu können, es also regnen oder hageln zu lassen. Doch war es nicht möglich, eventuell dann wirklich schlechter gewordenen Wetter auf diese Handlungen zurückzuführen. Heymann beschrieb, dass der Kalte Krieg genügend Anlass gab, die Forschungen zur Atmosphäre, Ozeanen und Polen enorm voranzutreiben. Insbesondere die numerische Wettervorhersage und die Simulation der globalen atmosphärischen Zirkulation profitierten vom Interesse des Militärs an entsprechenden Ergebnissen. Die Verbesserungen betrafen hier zunächst und vor allem die Beobachtungsdaten.

In den 1960er Jahren wurde der Computer zunächst zur Verarbeitung und Speicherung von Messdaten genutzt, ab den späten Jahren dieser Dekade und

3 Constantin von Altrock, Über den Daumen gepeilt. Fuzzy Logic: Scharfe Theorie der unscharfen Mengen, in: c’t, 1991, H. 3, S. 188–206.

4 Frederick W. Taylor, *The Principles of Scientific Management*, New York u. London 1911.

vor allem in den 1970er Jahren auch als Instrument zur Wetterprognose für die reale Zukunft und dann auch für die Simulationen „virtueller Zukünfte“, weil man Programme mit verschiedenen Parameterwerten „laufen lassen“ konnte. Dank solcher Simulationen ließ sich erkennen, ob beabsichtigte Wetterveränderungen tatsächlich auf die ausgeführten Eingriffe zurückgeführt werden konnten, wenn auch die „große Wetterkontrolle“ in die Science-Fiction verwiesen wurde, wie Kaiser ausführte.

Hannah Zindel (Lüneburg) zeigte am Beispiel der Mikrometeorologie in der bodennahen Atmosphäre der 1960er und 1970er Jahre in drei Stationen, dass und wie die Wechselwirkungen zwischen physikalischer Modellierung (Experimental Fluid Dynamics) und numerischer Modellierung (Computational Wind Engineering) in „Bob’s Hochzeit“ als „Hybrid Simulation of Wind Flows“ gipfelte. Neben den Daten, die der Windkanal für die Fallstudie zum Stadtklima im Jahre 1966 lieferte – und hier bemerkte Zindel: „Aus Sicht der Daten werde hier ein Algorithmus durchlaufen“, – hatte man nun auch die Daten von 1972, die der Computer aufgrund von Simulationen zum Modell Fort Wayne generierte. Dieses Datenmaterial wurde mit denen von 1966 verglichen. Vollmundige Propaganda verhieß in übertriebener Weise, dass der Computer das Werkzeug Windkanal bald völlig ersetzen könne. Immerhin wurden Computer für die Modellierung und Visualisierung zu wichtigen Bestandteilen von Hybridexperimenten, in denen Windkanal und Computersimulation zusammenwirken. „Erkannte Welt und erkennende Welt formen einander“ war hier die Bemerkung, die zum Konzept eines epistemologischen Shifts führte.

Während sich Heymann auf die internationalen Bestrebungen im „Golden Age of Geophysics“ konzentrierte, die zur „Erfindung“ des *Global Atmospheric Research Program* führten, sowie die Rolle von dessen Vorsitzenden Bert Bolin beschrieb, betrachtete *Michael Eckert* (München) die Geschichte der Numerischen Strömungsmechanik im Kalten Krieg. Schon beim Atombombenprojekt in Los Alamos galt es näherungsweise Berechnungen von Strömungen durchzuführen, um Schockwellen zu untersuchen. Um hierzu Rechenkapazität anzubieten, war der Rechner ENIAC nicht rechtzeitig fertiggestellt worden. Für das nach dem Krieg begonnene Wasserstoffbombenprojekt waren er und seine Nachfolger aber einsatzbereit. ENIAC, MANIAC dann aber auch John von Neumanns IAS⁵ Rechnerprojekt und der JOHNIAC bei RAND sowie schließlich die anderen IAS-ähnlichen Computer, z.B. die IBM 701 in New York und die PERM an der TH München, wurden für die Berechnung von Schockwellen, von Unterwasserexplosionen oder schließlich von Strömungsvorgängen in der Atmosphäre benutzt, um numerische Wettervorhersagen treffen zu können. Die atmosphärischen Strömungsvorgänge wurden dazu auf einfachere Funktionen reduziert, die sich zur Modellierung

5 IAS: Institute for Advanced Study, Princeton, NJ.

eigneten; zweidimensionale Berechnungen wurden später durch die Dimension der Höhe ergänzt.

Die Verbreitung numerischer Strömungsmechanik auf Elektronen- und Transistorenrechnern verlief zunächst zögerlich. Nur der militärisch-industrielle Komplex konnte sich in den 1960er Jahren Rechenanlagen mit Marker-and-Cell-Technik (ein Algorithmus!) und FORTRAN-Programmen leisten.

Die große Herausforderung blieb das Turbulenzproblem, das kein algorithmisches, sondern ein theoretisches ist: Es kann auch heute noch nicht realitätsnah berechnet werden. In der Simulation hat man es mit *computational particles* zu tun. Spätestens die Anfänge der Chaostheorie machten die Strömungssimulation auch zum Schrittmacher der Grundlagenforschung.

Arianna Borrelli (Berlin) stimmte der These der Tagungsorganisatoren von den „algorithmischen Wissenskulturen“ (Plural!) ausdrücklich zu. In ihrem Forschungsfeld, der Hochenergiephysik der 1950er Jahre, entdeckte sie eine „Mischung aus algorithmischen Wissenskulturen“, die sie als ein Experimentalsystem im Sinne Rheinbergers ansieht.⁶ Ihr Beispiel führt erneut auf den Los Alamos Computer MANIAC. Bei der systematischen Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Pionen und Protonen bei hohen Energien wären die Daten, die Beschleuniger und Detektoren lieferten, mit Voraussagen einer Theorie zu vergleichen gewesen, aber es gab keinerlei belastbare theoretischen Voraussagen. Was es gab, war ein plausibler Vorschlag, die Daten als Hinweis auf die Existenz eines sehr kurzlebigen teilchenähnlichen Phänomens zu deuten, eine sogenannte „Resonanz“, die ein Maximum in der Energieverteilung der gestreuten Pionen verursacht. Überdies gab es ein auf dem Rechner MANIAC laufendes Programm, das mit einigen Parametrisierungen solche Maxima aufwies. Und es gab eine „Argumentationswolke“ aus Computer, Grafik und Analysis, die für die Existenz der Resonanz sprach. Diese Kombination von Computerberechnungen, philosophisch anmutenden Argumenten und mathematischen Hypothesen deutete Borelli als „Mischung algorithmischer Wissenskulturen“.

Auch die Kulturanthropologin *Anne Dippel* (Jena) unterstrich mit ihrer Erzählung einerseits die von den „algorithmischen Wissenskulturen“, andererseits betonte sie den Beitrag der automatisierten Mustererkennung. Ihr Untersuchungsthema sind Arbeiten am CERN, wo vier Detektoren ungeheuer schnell und in großem Umfang Daten aus den Teilchenkollisionen im LHC-Beschleuniger registrieren. In ihrem Beitrag, in dem sie auch Äußerungen von Wissenschaftlern zitierte, die man mit jenen aus der TV-Serie *The Big Bang Theory* assoziieren könnte, zeichnete sie einen Weg von „Big Science“ zu „Deep Science“ nach. Auch ihr ging es um den epistemischen Charakter

6 Hans-Jörg Rheinberger, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Göttingen 2001.

bzw. einen Shift zu einer neuen algorithmischen Wissenskultur, die sie in dieser Hochenergiephysik sieht.

Riesige Datenmengen fallen auch bei der automatisierten Gensequenzierung an, bei der Algorithmen unvermeidlich sind, wie *Gabriele Gramelsberger* (Aachen) zeigte. Sie beschrieb die Methoden-Stationen zur Automatisierung und Algorithmisierung von der manuellen Gensequenzierung und Evaluation nach Frederick Sanger, der in den 1960er Jahren Insulin sequenzierte und dann in den 1970er Jahren die DNA-Sequenzierung des Bakteriophagen Phi X 174 durchführte, bis zur Datenanalyse, d.h. der Computeranalyse mit der Shotgun-Methode in den 1980er Jahren mit Algorithmen, die replizieren, randomisieren und rekombinieren. Zwar war es dem Menschen möglich, die Sequenzen in ihrer Struktur zu sehen, doch machte es ihnen die schiere Menge von Basen unmöglich, sie zu lesen. Gramelsberger fragte nach den Folgen dieser Generierung der Daten durch Algorithmen, die entscheiden, welche Base vorliegt. Sie fragte, was „Datenpositivismus“ heißen kann, sie fragte nach dem Genom-Begriff, wie er aufgrund dieser Computerisierung erscheint und welchen Einfluss diese Analyseverfahren auf den stattfindenden Wissenschaftswandel hat.

Daniela Zetti (Zürich) erweiterte die Sichtweise auf algorithmische Wissenskulturen um die Perspektive auf Rechenzentren, wie sie im 20. Jahrhundert ab den 1960er Jahren an den Universitäten, aber auch in der Bundesverwaltung von Post, Bahn und Militär eingerichtet wurden. Ihre Untersuchungen betreffen die institutionelle Einbindung von Rechenzentren in der Schweiz. Rechnen wurde hier eine „versteckte Eigenschaft“, aber die Sichtweise, dass „die Computer mehr können, als nur zu rechnen“, nämlich mit den Worten von Christoph Hoffmann zum „Spielfeld von Rechenprogrammen“ wurden,⁷ verhalf diesen Maschinen dazu, eine „konstante epistemologische Herausforderung“ für Wissenschaft und Forschung zu werden. Die *Zentralstelle für Organisationsfragen des Bundes* (ZOB) und ihre Nachfolgeorganisationen haben den Begriff des Algorithmus aber nicht auf andere Bereiche übertragen.

Zweifel an der Rede von einer Revolution der Forschungslogik meldete zunächst *Suzana Alparsancar* (Cottbus) an. Am Beispiel der sich aus der Naturgeschichte herausbildenden und mit den botanischen Gärten und Pflanzensammlungen sich entwickelnden Botanik, speziell des Sammelns und Dokumentierens von Pflanzen, stellte sie klar, dass diese wissenschaftliche Disziplin sich nicht in das gängige Muster einer vollständigen Formalisierung bzw. Mathematisierung einpassen lässt. Dieser Sonderweg sei auch nicht im Sinne eines Paradigmenwechsels zu sehen. Andererseits habe sehr wohl im 20. Jahrhundert auch hier eine Computerisierung und Algorithmisierung von Teilproblemen und Teillösungsschritten stattgefunden. Diese seien allerdings

7 Christoph Hoffmann, Eine Maschine und ihr Betrieb. Zur Gründung des Recheninstituts der Technischen Hochschule Stuttgart (1956–1964), in: *Kaleidoskopien* 5, 2004, S. 119–129.

noch wissenschaftshistorisch, -philosophisch und -soziologisch zu reflektieren bzw. zu rekonstruieren. In ihrer Fallstudie zur Dokumentation des 1679 in Berlin Dahlem gegründeten Botanischen Museums zeigen sich „teils parallel, teils asynchron verlaufende, kleinteilige Transformationsprozesse und -schritte“ zu Zentralisierung und Medienwandel. Im 20. Jahrhundert ging man dann von lokalen zu übergreifenden digitalen Datenbanken über und es entstanden Kooperationsprojekte und eine neue Infrastruktur. Die Daten wurden weltweit vernetzt, doch kam es nicht zu einer neuen Forschungslogik.

Dass die Forschungslogik in unserer Zeit einer Veränderung unterliege, bezweifelte *Eckhard Arnold* (München), der in seinem Vortrag den sehr verdienstvollen Versuch unternahm, zwischen Theorie und Modell sowie Experiment und Simulation zu unterscheiden; letzteres wurde versuchsweise auch zwischen Theorie und Experiment angesiedelt. Dabei ging Arnold von vier Thesen aus: 1) dass die Simulation tatsächlich ein dritter Weg sei, 2) dass sie den Unterschied zwischen Empirie und Theorie verwische, 3) dass sie die Autorität der Theorie unterminierte und 4) dass Simulationen epistemisch schleierhaft blieben. In seinem Vortrag verwarf Arnold die ersten beiden Thesen, während er die letzten beiden nicht endgültig bewertete. Sein kontrovers diskutiertes „Überlappungsbild“ von Modell, Simulation und Experiment, besagt insbesondere, dass Computersimulationen keine Experimente seien und dass nur „echte“ Experimente genuines Wissen lieferten.

Johannes Lenhard (Bielefeld) hob am Begriff der algorithmischen Wissenskultur hervor, dass sie durch ihren iterativ explorativen Modus gekennzeichnet sei. In seinem Vortrag *Elefanten und Ameisen. Die soziale und kognitive Organisation der Computersimulation* verdeutlichte er dies am Beispiel der Quantenchemie, in der in den 1990er Jahren die sogenannte Dichtefunktionaltheorie – nach bibliometrischen Angaben – immens erfolgreich geworden war. Sie wurde innerhalb einer algorithmischen Wissenskultur an die Spitze der Forschungsrichtung befördert oder um in seinem Bild zu bleiben: Sie hatte einen Trampelpfad gefunden.

Grundsätzlich wurde die Bedeutung von Big Data für Wissenschaft, Technik und Wirtschaft von *Sabine Thürmel* (München) unterstrichen. Ausblicke in die kurzfristige, mittelfristige und langfristige Zukunft von Big Data zeigten Erwartungen und Befürchtungen in Hinblick auf die Entwicklung der Big-Data-Analyseverfahren. Schon vor zehn Jahren hatte Chris Anderson, damals Wired-Chefredakteur, in diesem Zusammenhang und bewusst provozierend „das Ende der Theorie“ ausgerufen.

Thürmel betonte, dass sich insbesondere die Wissenskultur verändern werde, wenn die wissenschaftlichen Verfahren nicht mehr auf abstrahierenden Theorien, sondern auf den Korrelationen im Datenmaterial liegen werden.

Auch *Hans Dieter Hellge* (Bremen) thematisierte dieses „neue epistemische Konzept“, das er als ein „Technologie- und Methodenbündel“ der „durchgängig datengetriebenen und algorithmenbasierten Informations- und

Erkenntnisgewinnung“ charakterisierte. Wir haben es nicht nur mit einer Weiterführung der traditionellen Massendatenverarbeitung zu tun, vielmehr kennzeichne Big Data eine neue und „historisch spezifische“ Wissenskultur.

Der hier stattfindende Umbruch wird gravierende Folgen für die gesellschaftlichen Strukturen nach sich ziehen: Bürger werden lebendige Sensoren, deren Daten mit denen ihrer Smartphones, ihrer GPS-Systeme und ihrer Websites erfasst und ausgewertet werden, um die Zustände sozialer Systeme zu jeder Zeit und in Echtzeit zu kennen und zu verwenden.

Das *Kommunistische Manifest* von 1848 endet mit einem Aufruf an die Proletarier, sich zum Umsturz der damaligen Gesellschaftsordnung zu vereinigen und mit dem Wunsch, dass „die herrschenden Klassen vor einer kommunistischen Revolution zittern“. Etwa 100 Jahre später beginnend und noch immer andauernd findet eine „digitale Revolution“ statt, deren Bequemlichkeiten viele begrüßen und vor deren algorithmischen Ketten nur wenige zittern. Das könnte verhängnisvoll sein. Mehr reflektierende Wissenschaftsforschung zu *Computerisierung, Digitalisierung und Algorithmisierung* sind wünschenswert.

Anschrift des Verfassers: PD Dr. Rudolf Seising, Forschungsinstitut für Technik- und Wissenschaftsgeschichte, Deutsches Museum, Museumsinsel 1, 80538 München, Email: r.seising@deutsches-museum.de

