

Computerlandschaften

Literaturessay zur Geschichte computergestützter Umweltbeziehungen

Tjark Nentwig

Die globalen Infrastrukturen der Informations- und Kommunikationstechnik füllen unsere Welt – nicht immer sichtbar – mit Satelliten, Kabeln und Datenzentren. Anderswo, abseits der virtuellen Welten und flimmernden Bildschirme, hinterlässt dies durch Ressourcenextraktion großflächige Wüsten, wenn nicht Berge von Elektroschrott. Neben diesen direkten Auswirkungen verändert digitale Technik aber auch, wie wir unsere Umwelt denken und uns zu ihr in Beziehung setzen. Wir wissen heute oft nur mithilfe von Computern um Ausmaß und Verlauf menschengemachter Umweltkrisen wie den Klimawandel. Laut der KI-Kritikerin und Philosophin Kate Crawford wurden Teile der Erde im Anthropozän zu »landscapes of computation«.¹ Angesichts gegenwärtiger Krisen sind die umweltbildenden Aspekte digitaler Technik mitsamt ihrer ungeplanten Folgewirkungen Gegenstand aktueller historischer Forschung geworden.²

Der Landschaftsbegriff ruft sowohl materielle Transformationsprozesse als auch eine perspektivische Betrachtung von Umwelten auf. Landschaften sind auf historisch spezifische Art repräsentierte Räume. Sie zu untersuchen bedeutet für die in Debatten um diesen Begriff prominenten Geografen Peter Jackson und Denis Cosgrove, eine Geschichte des Sehens zu schreiben, also der jeweils kulturell kontingenten Arten und Weisen, mit denen Gesellschaften sich zu ihren Umwelten in Beziehung setzen.³ Weil außerdem »das Wissen über ökologische Relationen an ihre Gestaltung und damit an Techniken ihrer Modifikation gebun-

-
- 1 Crawford, Kate: *Atlas of AI. Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence*, New Haven/London: Yale University Press 2021, S. 23.
 - 2 Vgl. Sörlin, Sverker/Wormbs, Nina: »Environing Technologies: A Theory of Making Environment«, in: *History and Technology* 2 (2018), S. 101–125, hier S. 117. <https://doi.org/10.1080/07341512.2018.1548066>.
 - 3 Vgl. Cosgrove, Denis/Jackson, Peter: »New Directions in Cultural Geography«, in: *Area* 2 (1987), S. 95–101.

den ist«,⁴ sind Landschaften mehr als bloße Repräsentationen. Sie sind Orte des politischen Handelns des Wissens über Natur und Umwelten sowie um deren Gestaltung. Computerlandschaften⁵ können folglich als Formationen sich auf Berechnung stützender Umweltverhältnisse definiert werden. Der folgende Essay ist als Literaturstudie angelegt und fragt nach der Geschichte des Berechnens von Umwelten. Lässt sich, anhand vorhandener Literatur aus Wissenschafts-, Umwelt- und Technikgeschichte, in der Erfindung elektronisch-digitaler Computer in den 1940er Jahren ein Bruch in der Umweltwahrnehmung erkennen? Inwieweit sind Computerlandschaften neu?

In dem feldbegründenden Text der Umweltgeschichte der Digitalisierung postuliert der Computerhistoriker Nathan Ensmenger eine genuin digitale Art der Umweltbetrachtung und der Produktion von Umweltwissen: »Seeing like a Computer«. An den Schlüsselstellen der Computergeschichte⁶ fänden sich Verschiebungen darin, wie Menschen ihre Umwelt wahrnehmen.⁷ Gleichsam ist es sein Anliegen, dem Informationszeitalter die Aura des Zukünftigen zu nehmen und zu zeigen, wie digitale Infrastrukturen auf solchen des 19. Jahrhunderts fußen und noch immer mit ihnen verwoben sind.

Dieser Essay möchte daran anknüpfend und als Teil einer längerfristig geplanten Beschäftigung mit dem Thema Computerlandschaften eine skizzenhafte Erzählung bergen, die weiter zu verfeinern und zu überarbeiten sein wird. Zuerst untersuche ich, wie die Verdattung der Welt im 19. Jahrhundert zu einer imperialen Beherrschbarkeit von Umwelten in (selbsterklärten) Zentren und Peripherien beitrug. Danach beschreibe ich, wie die Mechanisierung der Datenverarbeitung um 1900 mit statistischen Methoden wechselwirkte, um Umwelten technisch planbar erscheinen zu lassen. Zuletzt diskutiere ich, inwieweit Umwelten nach der Computererfindung als quasi unendlich planbar imaginiert wurden und skizziere genauer zu untersuchende Auswirkungen des Einsatzes digitaler Technik auf die Umweltwissenschaften.

-
- 4 Sprenger, Florian: Epistemologien des Umgebens: Zur Geschichte, Ökologie und Biopolitik künstlicher environments, Bielefeld: transcript Verlag 2019, S. 20. <https://doi.org/10.1515/9783839448397>.
 - 5 Ich habe diesen Begriff im Deutschen erstmals 2023 in einem Antrag als Titel der Projektwerkstatt *Computerlandschaften – Eine kritische Umwelt- und Technikgeschichte der Digitalisierung* verwendet. Mehr Infos auf Instagram unter @computerlandschaften.
 - 6 Die hier dem englischen »history of computing« entsprechend eher als Geschichte des Berechnens gemeint ist, eine Nuance, die sich im Deutschen bisher nicht etabliert hat.
 - 7 Vgl. Ensmenger, Nathan: »The Environmental History of Computing«, in: *Technology and Culture* 4 (2018), S. S7-33, hier S. S11. <https://doi.org/10.1353/tech.2018.0148> Ensmenger bezieht sich dabei auf den US-Amerikanischen Politologen und Anthropologen James Scott: Scott, James C.: *Seeing Like a State: How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*, New Haven/London: Yale University Press 1998.

Datenverarbeitung als Erschließungstechnologie

Möchte man die gegenwärtige Digitalisierung historisieren, bieten sich verschiedene Perspektiven an. Aus der Perspektive *Computer* gibt es immer eine Vorgeschichte (vor der Erfindung) und dann mehrere Entwicklungsgeschichten. Nutzt man eine andere Brille, beispielsweise die der Informations-⁸ oder Datengeschichte,⁹ fällt der Blick auf Techniken und Prozesse, die in die Digitalisierung münden, ohne von dieser vorbestimmt zu sein. Lange vor dem »grossen Umzug«¹⁰ der Welt in den Computer, wie der Technikhistoriker David Gugerli den Prozess der Digitalisierung beschreibt, bereitete deren schrittweise Verdattung sie für diesen Epochenwechsel vor, sofern man ihn denn diagnostizieren mag. Verdattung bedeutet, der Historikerin Christine von Oertzen folgend, die Transfiguration qualitativer Erfahrungen und Aufzeichnungen in prinzipiell vergleichbare Zahlenformate – Daten. Es seien die Wissenschaftler:innen des 19. Jahrhunderts gewesen, die mit der Aneignung dieses begrifflichen Werkzeugs das »numerische Informationszeitalter« eingeläutet hätten.¹¹ Parallel zum Datenbegriff veränderten sich auch Konzepte von Natur und den Umwelten. Die Evolutionstheorie und die neuentstehende Ökologie etablierte ab Mitte des 19. Jahrhunderts den Begriff »environment« als einen gegebenen »Rahmen, an den sich ein Organismus evolutionär anpasst und dadurch eine stabile, d.h. beim Ausbleiben von Veränderungen permanente Form findet«.¹² Wie konzeptualisiert die bisherige Literatur die Beziehungen von Verdattung und Umweltwissen im 19. Jahrhundert?

Die Geschichte der Verdattung wurde durchgängig von der Suche nach Wissen über und Möglichkeiten der Manipulation von Umwelten begleitet. Die algorithmische Lösung des Längengradproblems im 17. Jahrhundert durch Nevil Maskelyne kann Ensmenger zufolge als ein Vorläufer späterer informationstechnischer Para-

-
- 8 Zuletzt Blair, Ann u.a. (Hg.): *Information: A Historical Companion*, Princeton, New Jersey: Princeton University Press 2021; Cortada, James W.: »Shaping Information History as an Intellectual Discipline«, in: *Information & Culture* 54/1 (2019), S. 102–126.
 - 9 Für einen Überblick siehe Aronova, Elena/Oertzen, Christine von/Sepkoski, David: »Introduction: Historicizing Big Data«, in: *Osiris* 32/1 (2017), S. 1–17; De Chadarevian, Soraya/Porter, Theodore M.: »Introduction«, in: *Historical Studies in the Natural Sciences* 48/5 (2018), S. 549–556.
 - 10 Gugerli, David: *Wie die Welt in den Computer kam: zur Entstehung digitaler Wirklichkeit*, Frankfurt a.M.: Fischer 2018, S. 7.
 - 11 Von Oertzen, Christine: »Die Historizität der Verdattung: Konzepte, Werkzeuge und Praktiken im 19. Jahrhundert«, in: *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 25/4 (2017), S. 407–434, hier S. 409f. <https://doi.org/10.1007/s00048-017-0183-6>; siehe auch Rosenberg, Daniel: »Data Before the Fact«, in: Lisa Gitelman (Hg.), »Raw Data« Is an Oxymoron, Cambridge, MA: MIT Press 2013, S. 15–40.
 - 12 F. Sprenger: *Epistemologien*, S. 47, S. 103ff.

digmen interpretiert werden.¹³ Die erste lose Verbindung von Meteorologie und Computergeschichte findet sich um 1830 in einem Briefwechsel zwischen dem Mathematiker und Philosophen Charles Babbage und Adolphe Quetelet, einem wichtigen Sozialstatistiker. Babbages früheste erhaltene schriftliche Nennung der »Analytical Engine«, die oft als ideeller Vorläufer digitaler Computer verstanden wird, ist in einem solchen Brief enthalten, genauso wie der Hinweis auf den Versuch des Astronomen Sir John Herschel, ein weltweites Netzwerk der Wetterüberwachung einzurichten.¹⁴

Diese Konstellation von Sozialstatistik, Klimadaten und Mechanisierung der Rechentechnik war kein Zufall. Dem Wissenschaftshistoriker Étienne Benson zufolge schloss der »statistical turn« Mitte des 19. Jahrhunderts an einen breiteren Prozess der Verflechtung von Wissenschaft und Herrschaft an.¹⁵ Die aufstrebenden Nationalstaaten versprachen sich von der Verdattung von Raum und Bevölkerung ihre zunehmende Gestaltbarkeit.¹⁶ Gleichsam diente gerade Umweltwissen im »Zeitalter der Imperien« als Werkzeug der Erschließung neuer Territorien und im Kampf um die Kontrolle über zunehmend globale Märkte.¹⁷ Mit Bruno Latour lässt sich argumentieren, dass Verdattung, Berechnung und Visualisierung der Stabilisierung des Wissens über entfernte Umwelten dienten, dessen Akkumulation in »centres of calculation« (Universitäten, Behörden, Staatsapparate) globale Wissenshierarchien herstellte und reproduzierte.¹⁸

Einige Beispiele aus der Literatur zeigen zudem, dass globales Umweltwissen Mitte des 19. Jahrhunderts eng verflochten war mit der »imperialen Infrastruktur«¹⁹ Europas und der USA. So zeichnete z.B. US-Navy-Lieutenant M. F. Maury Karten aus den Messdaten von über 1000 Seefahrer:innen, um die günstigsten Winde und Strömungen nutzbar zu machen.²⁰ Dem Klimahistoriker Paul N. Edwards zufolge entstand mit dem weltumspannenden Datensystem, an dessen Aufbau Maury beteiligt war, mit seinen Schiffen, Messinstrumenten, Standards, Konventionen und

13 N. Ensmenger: »Environmental History of Computing«, S. S12.

14 Im Jahr 1835, vgl. Edwards, Paul N.: *A Vast Machine. Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming*, Cambridge, MA: MIT Press 2010, S. 64.

15 Benson, Étienne: *Surroundings. A History of Environments and Environmentalisms*, Chicago: The University of Chicago Press 2020, S. 67.

16 Vgl. Gugerli, David/Speich, Daniel: *Topografien der Nation. Politik, kartografische Ordnung und Landschaft im 19. Jahrhundert*, Zürich: Chronos 2002, S. 73.

17 Vgl. Hobsbawm, Eric J.: *The Age of Empire. 1875–1914*, New York: Vintage Books 1989, S. 251.

18 Vgl. Latour, Bruno: *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Cambridge, MA: Harvard University Press 1987, S. 233ff.

19 Laak, Dirk van: *Imperiale Infrastruktur. Deutsche Planungen für eine Erschließung Afrikas 1880 bis 1960*, Paderborn u.a.: Ferdinand Schöningh 2004.

20 Vgl. Cheshire, James/Uberty, Oliver/Fleißig, Marlene: *Atlas des Unsichtbaren. Karten und Grafiken, die unseren Blick auf die Welt verändern*, München: Hanser 2022, S. 44.

Publikationen, eine Wissensinfrastruktur der Meteorologie.²¹ Die Verbreitung der elektrischen Telegrafie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts transformierte diese Infrastruktur grundlegend. Sie beförderte die Institutionalisierung und internationale Vernetzung der Meteorologie und ließ ihren globalen Anspruch in den Bereich des Möglichen rücken.²²

Die im 19. Jahrhundert wachsende Datensammlungspraxis drängte in vielen Bereichen auf neue Formen ihrer Visualisierung. Isolinien – Verbindungen gleicher, räumlich verteilter Messwerte – waren die Grundlage der vermutlich ersten Wetterkarten, Anfang des 19. Jahrhunderts von Alexander von Humboldt und Heinrich Wilhelm Brandes parallel erfunden.²³ Die Wettertelegrafie ermöglichte immer häufigere »synoptische« Wetterkarten.²⁴ Humboldt habe, so die Geograf:innen um James Cheshire, angesichts der zunehmenden Spezialisierung der Wissenschaften zu Beginn des 19. Jahrhunderts, die Bedeutung des kartografischen Atlas neu definiert: eine visuelle Vermittlung unterschiedlicher, zahlenförmiger Datensätze ergänzte nun die stilisierte Darstellung verschiedener Elemente.²⁵ Für Benson fand hiermit eine epistemologische Verschiebung vom (hauptsächlichen) Sammeln von Objekten in Museen hin zum Sammeln von Daten ihren Ausdruck. Damit habe Humboldt zur Herauslösung des »environment« aus seiner raumzeitlich spezifischen Situiertheit beigetragen.²⁶ Immerhin erlaubte diese Abstraktion beispielsweise die Erforschung von Tropenkrankheiten durch die Verbindung von Klima- und Krankheitsdaten. Daraus wiederum resultierte Ende des 19. Jahrhunderts in der Medizin ein weiterer Paradigmenwechsel hin zur Vorstellung von Krankheit als Relation zwischen Individuen und ihrer Umwelt.²⁷ Aus den Umwelten kolonialer Erschließungsversuche entstanden neue naturwissenschaftliche Vorstellungen, eine Dialektik die Benson treffend mit dem Begriff »environments of empire« fasst.²⁸

Im 19. Jahrhundert begegnen wir also einer forcierten Datensammlung, einer neuen Art der Visualisierung von Messdaten sowie ersten Ansätzen einer verteilten algorithmischen Lösung von Problemen und Ideen zur Mechanisierung der Datenverarbeitung. Damit veränderten sich grundlegende Elemente von Umweltwissen: Die Begriffe *data* und *environment* selbst erfuhren zentrale Umdeutungen und gelangten in einen allgemeinen wissenschaftlichen Sprachgebrauch. Auf die Erschließung neuer Umwelten folgte deren Imagination als prinzipiell mess- und

21 Vgl. P. N. Edwards: *Vast Machine*, S. 34f.

22 Vgl. ebd., S. 40f.

23 Vgl. ebd., S. 31.

24 Vgl. ebd., S. 41.

25 Vgl. J. Cheshire/O. Uberti/M. Fleißig: *Atlas des Unsichtbaren*, S. 17f.

26 Vgl. E. Benson: *Surroundings*, S. 42.

27 Vgl. ebd., S. 61, S. 77.

28 Ebd., S. 48.

vergleichbare Entitäten. Die Erstellung datenbasierter Umweltrepräsentationen – von denen ich im Sinn der Stoßrichtung dieses Beitrags behaupte, dass sie Vorläufer der Computerlandschaften waren – war von Beginn an mit Fragen von Macht und schon damals problematischen Vorstellungen von der Beherrschbarkeit der Natur verbunden.

Statistik und Datenverarbeitung als »environing technologies« bis etwa 1940

Das Ende des 19. Jahrhunderts markiert einen Wendepunkt in der Computergeschichte. Ab etwa 1890 entstand mit lochkartenbasierten Zähl- und Sortiermaschinen ein technisches System, an das die Computertechnik in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts stark anknüpfte. Inwieweit ging mit dieser Mechanisierung der Datenverarbeitung eine Veränderung in der Produktion von Umweltwissen einher?

Die zuerst für die Volkszählung in den USA verwendeten und zunächst nach ihrem Erfinder benannten Hollerith-Maschinen standen in enger Wechselwirkung mit der Ausweitung statistischer Methoden in Wissenschaft und Verwaltung. Durch ihre Hilfe bei großen Berechnungen und mittels der Vereinheitlichung des Datenformats auf dem Medium Lochkarte, machten sie zuvor nicht planerisch fassbare Geografien und soziale Segmentierungen zugänglich und trugen zu einer spezifischen und zahlenbasierten Form des staatlichen Zugriffs auf Territorium und Bevölkerung bei.²⁹ Hollerith-Maschinen befriedigten die Bedürfnisse wachsender Planungsapparate. James Beniger interpretierte die »control revolution« genannte Ausweitung informationsverarbeitender Technik in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts als Antwort auf eine durch die Industrialisierung ausgelöste »crisis of control«,³⁰ zu deren Treibern die inneren wie äußeren Kolonisierungsbewegungen der entstehenden Nationalstaaten gezählt werden können. Hollerith-Maschinen erhielten zuerst in den USA, dann um 1900 auch in Europa im Kontext der breiteren statistischen Bewegung Einzug in die zunehmend zentral verdateten Behördenapparate.³¹

Bis in die 1930er entwickelten Firmen die Hollerith-Maschinen mit neuen und verbesserten Funktionen, Peripheriegeräten und standardisierten Abläufen zu weit

29 Vgl. N. Ensmenger: »Environmental History of Computing«, S. 12f.

30 Beniger, James Ralph: *The Control Revolution. Technological and Economic Origins of the Information Society*, Cambridge, MA: Harvard University Press 1986, S. 6.

31 Vgl. Heide, Lars: »Punched Cards for Professional European Offices. Revisiting the Dynamics of Information Technology Diffusion from the United States to Europe, 1889–1918«, in: *History and Technology* 4 (2008), S. 307–320, hier S. 310f. <https://doi.org/10.1080/07341510802044686>.

verbreiteten Büromaschinen, mithilfe derer statistische Verfahren auf neue Probleme angewendet werden konnten. Edwards beschreibt etwa, wie in den nationalen Klima- und Wetterdiensten der USA öffentlich angestellte Arbeiter:innen in den 1930er Jahren mehrere Millionen Messdaten auf Lochkarten stanzen, aus denen u.a. ein Atlas der klimatischen Bedingungen der Ozeane entstand.³² Ebenfalls in dieser Zeit erhielten statistische Verfahren Einzug in die Landwirtschaft. Die Historikerin Theodora Dryer bezeichnet die 1930er Jahre als die Periode, in der das alte, auf die Sicherstellung des individuellen menschlichen Gehorsams fußende Kontrollparadigma, zunächst im Zuckerrübenanbau, langsam durch ein neues, algorithmisches und statistisches ersetzt wurde. Dieser Einzug statistischer Verfahren hatte weitreichende Folgen. Mithilfe algorithmischer und datenbasierter Planungstechniken konnte eine aufsteigende Managerklasse Umwelten auf Basis von Klimadaten und Ertragsrastern in »computing landscapes«³³ verwandeln. Die errechneten Gebiete mit idealen Anbaubedingungen für Zuckerrüben wurden auf landwirtschaftlichen Karten sogar in Form eines »Zuckerrüben Gürtels« verzeichnet. Hier bestätigt sich Florian Sprengers These, dass der *environment*-Begriff ab etwa 1920 verstärkt die Dimension technischer Planbarkeit hinzugewann.³⁴

Bis zum Zweiten Weltkrieg waren also Datensammlungs- und Verarbeitungspraktiken entstanden, die einen quantitativen Zugang zu Umwelten mit sich brachten. Statistische Verfahren sowie mechanische (und elektromechanische) Rechengерäte waren nun nicht mehr wegzudenkende Techniken der Produktion von Umweltwissen geworden. Man könnte darin sogar eine Verbindung zwischen informationstechnischen Entwicklungen und der Konjunktur des *environment*-Begriffs vermuten. So fanden z.B. statistische Methoden, vor allem aus der Populationsbiologie, Eingang in die in den 1920er und 1930er Jahren verschärft geführten biologisch-philosophischen Auseinandersetzungen um die Bedeutung von Umwelten.³⁵ Statistik und Datenverarbeitung können deshalb – und auch weil sie neue Bereiche der Welt regierbar machten und neue Perspektiven ihrer Betrachtung hinzufügten – schon vor der Erfindung elektronisch-digitaler Computer im Sinne der Umwelthistoriker:innen Sverker Sörlin und Nina Wormbs als »environing technologies«³⁶ verstanden werden. Sie trugen zur Formation von jeweils kontingenten Umweltrepräsentationen bei: dem Zuckerrüben Gürtel, dem globalen Klima, oder

32 P. N. Edwards: *A Vast Machine*, S. 99.

33 »sugar beet belt«, Dryer, Theodora: »Seeds of Control. Sugar Beets, Control Algorithms, and New Deal Data Politics«, in: Morgan G. Ames/Massimo Mazzotti (Hg.), *Algorithmic Modernity. Mechanizing Thought and Action, 1500–2000*, New York: Oxford University Press 2023, S. 144–169, hier S. 156. <https://doi.org/10.1093/oso/9780197502426.003.0009>.

34 Vgl. F. Sprenger: *Epistemologien*, S. 50.

35 Vgl. ebd., S. 114, S. 166f.

36 S. Sörlin/N. Wormbs: »Environing Technologies«, S. 108, S. 115.

dem Land, das ohne Wirtschafts- und Bevölkerungsdaten leer und kolonisierbar schien.

Digitisierung und Naturbeherrschung nach 1946

Die Erfindung programmgesteuerter, elektronisch-digitaler Computer im Kontext des Zweiten Weltkriegs stellt in der Computergeschichte natürlicherweise einen zentralen Bruch dar. Inwieweit damit auch eine Veränderung der Umweltbeziehungen einherging, soll im Folgenden anhand von umwelthistorischer Literatur kursorisch diskutiert werden. In mehreren neueren Monografien zur Umweltgeschichte tauchen Computer (und vordigitale Datenverarbeitung) nicht oder nur am Rande auf.³⁷ In seinem vielbeachteten Buch *Blue Planet* schreibt der Umwelthistoriker John R. McNeill, der Umwelteinfluss der Informationstechnik um die Jahrtausendwende sei trotz Träumen von Telearbeit und papierlosen Büros noch ungewiss.³⁸ In seiner rezenten globalen Umweltgeschichte datiert Peter Frankopan die »digitale Revolution« bzw. das »digitale Zeitalter« auf die 1990er Jahre und bringt es mit Globalisierung und Wirtschaftswachstum in Zusammenhang.³⁹ In Summe messen die Autor:innen Computern vor etwa 1990 keinen besonderen umwelthistorischen Stellenwert bei. Sehr wohl interessieren sie sich jedoch für die Auswirkung ihrer Nutzung.

Die Energiehistoriker:innen Astrid Kander, Paolo Malanima und Paul Warde interpretieren die Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnik seit der Computererfindung als grundlegende Veränderung der Funktionen des Wissens, welches nun verstärkt kodifiziert und daher leichter handhabbar Innovation und Wirtschaftswachstum antreibt.⁴⁰ Noch genauer argumentiert Benjamin Jörrissen im *Handbook of the Anthropocene*: Digitisierung (als »translation of materialities into machine-readable digits«) und Digitalisierung (als Abwanderung von Handlungskompetenzen in digitale Geräte) produzierten gemeinsam ein historisch spezifisches »world making«. Darin würden jedoch schwierig maschinell zu

37 Vgl. Headrick, Daniel R.: Macht euch die Erde untertan. Die Umweltgeschichte des Anthropozäns, Darmstadt: wbv Theiss 2021; Blackbourn, David: Die Eroberung der Natur. Eine Geschichte der deutschen Landschaft, München: Pantheon 2008.

38 Vgl. McNeill, John Robert: *Blue Planet*. Die Geschichte der Umwelt im 20. Jahrhundert, Frankfurt a.M.: Campus 2003, S. 332.

39 Frankopan, Peter: *The Earth Transformed*. An Untold History, London: Bloomsbury Publishing 2023, S. 608, S. 622.

40 Vgl. Kander, Astrid/Malanima, Paolo/Warde, Paul: *Power to the People*. Energy in Europe over the Last Five Centuries, Princeton, NJ: Princeton University Press 2014, S. 318f.

verwertende Qualitäten nicht repräsentiert.⁴¹ Für den Wissenshistoriker Jürgen Renn setzt der Prozess der Digitisierung mit der Computererfindung während des Zweiten Weltkriegs ein.⁴² Digitisierung sei ein sich beschleunigender Prozess, der durch die Schaffung eines universellen Formats der Informationsmanipulation eine zunehmend wachsende Technosphäre ermögliche und ganze Epistemologien grundlegend verändert habe.⁴³ Die Computertechnik habe die Wissensproduktion beschleunigt und so zentral zur anthropogenen Weltveränderung beigetragen.⁴⁴ Ohne Computer hätte es keine *great acceleration*⁴⁵ und kein Anthropozän gegeben, so ließe sich diese These zuspitzen.

Träume von neuen Größenordnungen der technischen Manipulierbarkeit von Umwelten lassen sich bereits am Beginn der Computerisierung finden. 1946 nutzte beispielsweise der Computerpionier John von Neumann, involviert in das Manhattan-Projekt und gleichsam bestrebt, der Computerforschung Gelder zu beschaffen, die Idee der Wettermanipulation als Argument für die Notwendigkeit der Investition in die Computerentwicklung.⁴⁶ Tatsächlich benötigten Wettermodelle noch Jahrzehnte, um Erfolge in der Anwendung zu erzielen. Um Möglichkeiten der Wetter- und Klimamanipulation wird bis heute gestritten.⁴⁷ Dennoch zeigt das Beispiel die Größenordnungen, in denen man einen Zuwachs an Planbarkeit mit den neuen Berechnungswerkzeugen versprechen konnte. Es schien eine neue Epoche anzubrechen.

Kennzeichnend für diese neue Epoche war die nun real erscheinende Möglichkeit der globalen Umweltveränderung, die zunehmend die Unterscheidung zwischen Natur und Technik selbst bedrohte. Einige Autor:innen sehen in der computergestützten Berechnung von Zerfallsketten eine signifikante Verbindung zwischen Rechentechnik und Anthropozän, weil die atmosphärengetragene Verbreitung von Plutonium einen wichtigen Kandidaten für eine messbare

41 Jörrissen, Benjamin: »Digitalization/Digital Transformation«, in: Nathanaël Wallenhorst/Christoph Wulf (Hg.), *Handbook of the Anthropocene. Humans between Heritage and Future*, Cham: Springer 2024, S. 945–950, hier S. 496. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-25910-4>

42 Vgl. Renn, Jürgen: *The Evolution of Knowledge. Rethinking Science for the Anthropocene*, Princeton, NJ: Princeton University Press 2020, S. 232f. <https://doi.org/10.1515/9780691185675>

43 Vgl. ebd., S. 398.

44 Vgl. ebd., S. 225.

45 Bezeichnet den rasanten Anstieg von Wirtschaft und Konsum sowie damit verbunden der Veränderung von Umwelten durch menschliche Eingriffe seit etwa 1950. Siehe McNeill, John Robert/Engelke, Peter: *The Great Acceleration. An Environmental History of the Anthropocene since 1945*, Cambridge, MA: Harvard University Press 2016.

46 Vgl. P. N. Edwards: *A Vast Machine*, S. 115ff.

47 Siehe beispielsweise Hofbauer, Benjamin: »Normative Uncertainty in Solar Climate Engineering Research Governance«, in: *Ethics, Policy & Environment* 3 (2024), S. 451–470.

Demarkation des neuen geologischen Zeitalters darstellt.⁴⁸ Wissenschaftler:innen studierten seit den 1950er Jahren zudem die möglichen atmosphärischen Auswirkungen nuklearer Explosionen mit den Methoden einer zunehmend computerisierten Meteorologie. In Edwards Worten trugen Computermodelle in atmosphärenpolitischen Debatten seit den späten 1960er Jahren zu einer neuen Politik der Expertise bei, in deren Kontext sie an Legitimität in öffentlichen Diskursen gewannen.⁴⁹ Zu dieser neuen, computergestützten Expertise gehörte zudem die Betrachtung aller Prozesse auf der Erde als *systemisch* und damit modellierbar.

Einheit von Natur und Technik in der computergestützten Umweltmodellierung

Im folgenden letzten Abschnitt werden nun noch einmal, anhand technik- und umwelthistorischer Literatur, die Auswirkungen der Systemtheorie als ein Beispiel dafür diskutiert, wie die beginnende Computerisierung ab etwa 1960 die Wissensproduktion in Bezug auf Umwelten zu verändern begann. Der Aufstieg des Systembegriffs geht auf das späte 19. Jahrhundert und die Zwischenkriegszeit zurück. Systemzentrierte Ansätze fanden nach dem Zweiten Weltkrieg aus dem Militär kommend vermehrt Anwendung für zivile ökonomische, verwaltungstechnische und wissenschaftliche Problemstellungen.⁵⁰ Das Denken in Systemen setzte letztlich lebende und artifizielle Systeme gleich, was die Steuerung von Umwelten durch digitale Computer plausibilisierte.⁵¹ Marshall McLuhan prophezeite schon 1964, im »elektrischen Zeitalter« werde ultimativ ein unauflösliches Verwachsen technischer und natürlicher Prozesse zu einem »organic system« grundlegende gesellschaftliche Veränderungen bewirken.⁵² Erneut bestätigt sich Sprengers Beobachtung, dass nach dem Zweiten Weltkrieg Umwelten zunehmend »nicht nur zu technischen Planungsgegenständen und zu künstlerischen Experimentierfeldern, sondern gar [als] selbst technisch hervorgebracht« vorgestellt wurden.⁵³

48 Vgl. Creutzig, Felix et al.: »Digitalization and the Anthropocene«, in: Annual Review of Environment and Resources 47 (2022), S. 479–509, hier S. 484.

49 Vgl. P. N. Edwards, A Vast Machine, S. 200ff., S. 362, S. 380ff.

50 Vgl. Hughes, Agatha C./Hughes, Thomas P.: »Introduction«, in: dies. (Hg.), Systems, Experts, and Computers. The Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After, Cambridge, MA: MIT Press 2000, S. 1–26.

51 Vgl. F. Sprenger: Epistemologien, S. 227; E. Benson: Surroundings, S. 139.

52 McLuhan, Marshall: Understanding Media. The Extensions of Man, Corte Madera, CA: Gingko Press 2003, S. 319.

53 F. Sprenger: Epistemologien, S. 50.

Die neuen Möglichkeiten und Denkweisen hatten grundlegende Auswirkungen auf die einzelnen Wissenschaften und brachten gänzlich neue Felder hervor.⁵⁴ Die Auswirkungen des Computereinsatzes auf einzelne Disziplinen verdienen eigene Fallstudien. An dieser Stelle müssen einige wenige Beispiele genügen. Globale Wetter- und Klimamodelle wurden durch Computereinsatz in der Meteorologie erstmals in annehmbarer Zeit machbar. Edwards beschreibt, wie damit eine über die vorangegangenen einhundert Jahre entstandene fachliche Spaltung zwischen Wettervorhersage und Klimaforchung langsam aufgehoben wurde.⁵⁵ In der Biologie gewannen mathematische Methoden und das Teilgebiet der Ökologie an Bedeutung.⁵⁶ Nicht zuletzt zeigt Philip Krögers Beitrag in diesem Band, dass die Landschaftsplanung mithilfe von Computern Erholungswerte zu quantifizieren und Pläne zur Renaturierung von Industrielandschaften auf diese Modelle hin anzupassen versuchte.

Die computergestützte Systemanalyse in den Umweltwissenschaften zeichnete insgesamt aus, dass sie Wissen produzierte, das für Entscheidungsträger:innen nutzbar war und somit oft bestehende Machtverhältnisse reproduzierte, indem sie eine an den Zugang zu Rechenmaschinen gebundene neue Form der Expertise hervorbrachte. Umweltwissen konzentrierte sich zunehmend in der Hand von Computerspezialist:innen im Dienste des Staates. Am Colorado River übersetzten beispielsweise nach 1960 computergestützte lineare Optimierungsalgorithmen bei der Verteilung von nutzbarem Wasser siedlerkoloniale Rechtsnormen in praktische hydrologische Steuerung. Theodora Dryer nennt diesen Prozess »settler computing«, weil er die Enteignung indigener Bevölkerungsgruppen soziotechnisch zementierte.⁵⁷ Computer beförderten hier die Entstehung einer neuen Art der Expertise, die eine Steuerung der lokalen Wasserverteilung im Sinne nationaler Entwicklungsinteressen, die von der Energiewirtschaft geprägt waren, rechtfertigte.

Zahlreiche Konferenzen und Veröffentlichungen zeugen von der ab den späten 1960ern wachsenden Bedeutung von Umweltmodellierung. Computer ermöglichten zudem neue Formen der Visualisierung von Daten. In den 1960er Jahren entstanden erste computergestützte Kurvenschreiber. Howard Fishers und Betty Bensons SYMAP bewies die prinzipielle Machbarkeit teilautomatisierter Karten-

54 Vgl. N. Ensmenger: »Environmental History of Computing«, S. S13.

55 Vgl. P. N. Edwards: *A Vast Machine*, S. 139–142.

56 Vgl. E. Benson: *Surroundings*, S. 131; Bowler, Peter J.: *Viewegs Geschichte der Umweltwissenschaften. Ein Bild der Naturgeschichte unserer Erde*, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag 1997, S. 353ff.

57 Dryer, Theodora: »Settler Computing. Water Algorithms and the Equitable Apportionment Doctrine on the Colorado River, 1950–1990«, in: *Osiris* 38 (2023), S. 265–285. <https://doi.org/10.1086/725187>.

erstellung aus Datensätzen.⁵⁸ Die Medienhistorikerin Birgit Schneider beobachtet mit dem Wechsel zu Daten und Systemen als Ontologie von Umwelten eine Verschiebung von einer direkten, individuellen und qualitativen Kultur hin zu einer technisch vermittelten und quantitativen Art der Umweltwahrnehmung. Umwelten würden zunehmend durch computergestützte Repräsentationen erfahren, was die Distanz zwischen Entscheidenden und Betroffenen vergrößere.⁵⁹ Expert:innen interagierten mehr und mehr mit Computerlandschaften, die – so zeigt das Beispiel der Systemtheorie – selbst mit historisch spezifischen Techniken erzeugt wurden und nicht zeigten, was (noch) nicht verdatet war oder sein sollte.

Fazit

Ausgangspunkt des Artikels war die Frage, inwieweit die bisherige computer- und umwelthistorische Literatur einen Zusammenhang zwischen der Veränderung von Techniken der Datenverarbeitung und Umweltwissen ausgearbeitet hat. Ähnlich wie von Ensmenger für die Materialität der Digitalisierung beschrieben, scheinen die epistemologischen Strukturen der Computerisierung trotz großer Ankündigungen erst einmal »decidedly nineteenth-century« gewesen zu sein.⁶⁰ Der Antrieb zur Verdatung der Welt lag in den Bedürfnissen der Nationalstaaten und Imperien des 19. Jahrhunderts. Dabei wurde der Umweltbegriff zunehmend abstrakt. Die Entwicklung von Hollerith-Maschinen koinzidierte (und beflügelte wahrscheinlich) die Zunahme der Relevanz statistischer Verfahren in Wissenschaft und Verwaltung. Umweltkonzepte gewannen langsam die Vorstellung technischer Planbarkeit hinzu. Außerdem entstanden berechnete Formationen bestimmter Umwelten, wie der Zuckerrübbengürtel in den USA, der einen bestimmten, verdateten Ausschnitt unter Gesichtspunkten der Nutzbarkeit zu einer berechneten Landschaft synthetisierte.

Um 1950 koinzidierten die beginnende Computerisierung und das Anthropozän. Umwelten wurden in neuen Größenordnungen als technisch veränderbar betrachtet. In Wechselwirkung mit kybernetischen und systemtheoretischen Methoden und in enger Bindung an militärische Bedürfnisse veränderten diese zudem die Wissensproduktion über Umwelten. Es entstand eine neue Art computergestützter Expertise. Umwelten wurden nun vermehrt über Computerlandschaften erfahren, aus bestimmten Daten unter spezifischen Gesichtspunkten mit der

58 Vgl. J. Cheshire/O. Uberti/M. Fleißig: Atlas des Unsichtbaren, S. 22.

59 Vgl. Schneider, Birgit: »Entangled Trees and Arboreal Networks of Sensitive Environments«, in: ZMK Zeitschrift Für Medien- und Kulturforschung 1 (2018), S. 107–126, hier S. 117. <https://doi.org/10.25969/MEDIAREP/18690>.

60 N. Ensmenger: »Environmental History of Computing«, S. S8.

jeweils verfügbaren Technik kompilierte Ausschnitte, aus einem letztlich zusammenhängenden und nie ganz verdateten und berechenbaren Ganzen.

Die Computerisierung hat zunächst ältere Prozesse der Produktion von Umweltwissen beschleunigt. Um die Beziehungen von digitaler Technik und Umweltwissen – und damit letztlich Umweltveränderung – historisch besser zu verstehen, schließt sich aus meiner Sicht die Frage an, wie genau der Computereinsatz wissenschaftliches Handeln seit den 1950er Jahren veränderte.⁶¹ Welche Computerlandschaften entstanden wann, aus welchen Gründen? In welchem Verhältnis standen sie zu nichtintendierten Umweltveränderungen? Wie das Sehen durch die Augen digitaler Technik und die daraus resultierenden blinden Flecken mit den ökologischen Herausforderungen unserer Zeit zusammenhängen, ist noch unzureichend erforscht. Da diese Technik aber die Brille ist, durch die diese Krisen überhaupt sichtbar werden, sind genau diese Fragen jetzt von Bedeutung.⁶²

61 Siehe beispielsweise Mody, Cyrus C. M.: *The Long Arm of Moore's Law. Microelectronics and American Science*, Cambridge, MA: MIT Press 2016. Bald außerdem: Seising, Rudolf/Hashagen, Ulf (Hg.): *Algorithmische Wissenskulturen. Der Einfluss des Computers auf die Wissenschaftsentwicklung*, Berlin/Heidelberg: Springer 2025.

62 Ebenfalls von Bedeutung sind die Personen, die – ebenso wie das NEST-Team – dieses lehrreiche Projekt für mich möglich gemacht haben, insbesondere Kathrin Tschida, Mathias Denecke, Daniel Jankowski und Fabian Zimmer. Vielen Dank!

