



Eike-Christian Heine, Christian Zumbrägel, Technikgeschichte,
Version: 1.0, in: Docupedia-Zeitgeschichte, 20.12.2018
http://docupedia.de/zg/Heine_zumbraegel_technikgeschichte_v1_de_2018
DOI: <http://dx.doi.org/10.14765/zzf.dok-1319>

Copyright (c) 2019 Clio-online e.V. und Autor, alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk entstand im Rahmen des Clio-online Projekts „Docupedia-Zeitgeschichte“ und darf vervielfältigt und veröffentlicht werden, sofern die Einwilligung der Rechteinhaber vorliegt. Bitte kontaktieren Sie: [<redaktion@docupedia.de>](mailto:redaktion@docupedia.de)



Foto des Erfinders Nikola Tesla in seinem Labor in Colorado Springs ca. 1899, der angeblich neben seinem Hochspannungsgenerator saß, während die Maschine riesige Stromschläge produzierte. Das Bild des Fotografen Dickenson V. Alley war allerdings eine Doppelbelichtung. Quelle: Wellcome Images / Wikimedia Commons Lizenz: CC BY 4.0

Technikgeschichte

von Eike-Christian Heine, Christian Zumbrägel

Einleitung

Leben in einer technisierten Welt

Unsere Welt ist von Alltagsgegenständen bevölkert, die auf das Funktionieren technischer Systeme angewiesen sind: Autos brauchen Straßen, Tankstellen, Ölfelder, Fahrschulen, Werkstätten und Schrottplätze; fließendes Wasser braucht Wasserleitungen und Kläranlagen; das Mobiltelefon globale Lieferketten und vernetzte Funktürme; und damit die Passagiere im Flugzeug weder erfrieren noch ersticken, ist eine ausgeklügelte Kabinentechnik erforderlich. Ob „Fliegerass“ oder „Hausfrau“, immer war Handeln in der Moderne auch technisches Handeln, das die soziale Ordnung und das Verhältnis der Geschlechter mitbestimmte. Sei es der Abbau seltener Erden oder die Explosion der Bohrplattform „Deepwater Horizon“ im Golf von Mexiko 2010 – Technik hatte beharrlich intendierte und nicht-intendierte Auswirkungen für Umwelt und Gesellschaft.

Natürliche und gesellschaftliche Abläufe sind eng mit technischen Prozessen und Infrastrukturen verwoben und von diesen oftmals gar nicht mehr abzugrenzen. Die Technikgeschichte erklärt, wie Gesellschaften jene technisierten Umwelten geschaffen haben bzw. warum unsere technische Kultur die Formen angenommen hat, die uns heute selbstverständlich erscheinen. Sie interessiert sich dafür, wie technische Dinge und Infrastrukturen erfunden und produziert, wie

sie genutzt und irgendwann außer Dienst gestellt wurden. Die Disziplin nutzt das reflexive Wissen der Geistes- und Gesellschaftswissenschaften, um die Bedingungen, Begleiterscheinungen und Folgewirkungen unserer technischen Kultur historisch einzuordnen.



Ob „Fliegerass“ oder „Hausfrau“, immer war Handeln in der Moderne auch technisches Handeln, das in das Verhältnis der Geschlechter eingebunden war und diese mitbestimmte: Werbeanzeige eines Kühlschranks herstellere sowie Fotografie eines US-amerikanischen Testpiloten im Jahr 1942. BBC-Elektrogeräte, Quelle: Inventing Europe mit freundlicher Genehmigung des Archivs des Deutschen Museums in München; Fotografie des US-amerikanischen Testpiloten Lieutenant „Mike“ Hunter vor einem Bomber A-20 Havoc 1942, Foto: Foto: Alfred T. Palmer, Long Beach, Kalifornien 1942. Quelle: Library of Congress, Lizenz: public domain

Aufbau und Vorgehensweise

Im ersten Teil werden zentrale Perspektiven, Begriffe und Theorien vorgestellt, die die Technikgeschichte im Laufe des 20. Jahrhunderts prägten: von den Anfängen einer Ingenieurgeschichte zur kritischen Technikgeschichte, wie sie uns heute vertraut ist. In einem zweiten Abschnitt nähern wir uns zentralen Themen der aktuellen Forschung mit dem Ansatz des „Lebenszyklus“, d.h. wir verfolgen die Themen von der Innovation und Produktion über Konsum und Nutzung bis hin zur Reparatur und Entsorgung. Anschließend stellen wir Querbezüge zur Infrastrukturforschung und Umweltgeschichte her. Ausgewählt wurden diese beiden Schnittpunkte, weil die Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung bei der zeitgleichen Zerstörung menschlicher Lebensgrundlagen eines der drängendsten Gegenwartsprobleme darstellt. Zum Abschluss werden wir jene

technikhistorischen Themen benennen, die uns aus zeitgeschichtlicher Perspektive besonders zukunftssträftig erscheinen.

Von der Ingenieurgeschichte zur kritischen Technikgeschichte

Die Technikgeschichte hat sich im letzten Jahrhundert von einer Geschichte des Ingenieursberufs zu einer international etablierten Disziplin im historischen Fächerkanon gewandelt. Die Anfänge als universitäres Fach gehen in Deutschland auf den Beginn des 20. Jahrhunderts zurück. Mit Geschichten von großen „Männern der Technik“ und ihren Erfindungen standen anfangs hagiografische Erzählungen im Mittelpunkt, die Technikern positive Identifikationsfiguren bescherten. Sie wurden als heroische Erfinder und Entwickler gezeichnet, was in der standespolitischen Absicht der Ingenieurbewegung um 1900 begründet lag, technischen Errungenschaften kulturelle Wertschätzung zu verschaffen und zu den Bildungs- und Funktionseleiten des Kaiserreichs aufzuschließen.^[1]

Als deutschsprachiger Technikhistoriker der ersten Stunde lieferte Conrad Matschoß wichtige Ansätze für die affirmative Selbstvergewisserung von Technikern. „Unsere Geschichtsschreiber“, so notierte er in seiner „Geschichte der Dampfmaschine“ von 1901, hätten „zu viel von Kriegen und Helden, von Königen und Kaisern, von hoher Staatspolitik und allenfalls noch von Künsten und Wissenschaften zu berichten [...], von all den Schöpfungen, den Werkzeugen und Maschinen, die [...] die Grundlage unserer Kultur erleichtern und zum Teil erst ermöglicht haben, erzählen sie uns wenig oder nichts“.^[2] Verschieden sich Matschoß und andere Ingenieurshistoriker den Entstehungsgeschichten technischer Neuerungen, so dominieren heute – wie auch in anderen historischen Teildisziplinen – sozial- und kulturhistorische Zugänge, durch die sich die „moderne“ Technikgeschichte von den traditionellen Technikerzählungen unterscheidet.^[3] Sie beschränkt sich längst nicht mehr auf die Rekonstruktion technischer Veränderung, sondern fragt auch nach ihrer kulturellen Bedingtheit, Konstituierung und Wirkmächtigkeit.

Geprägt wurde dieser Übergang hin zu sozial- und später kulturgeschichtlichen Perspektiven im Umfeld der sozialwissenschaftlichen Technikforschung. Mit dem Ansatz der „Social Construction of Technology“ gingen Autoren wie Wiebe Bijker, Trevor Pinch oder Thomas P. Hughes in den 1980er-Jahren der gesellschaftlichen Konstruktion von Technik nach und arbeiteten in Fallstudien heraus, dass historische Diskurse und Praktiken die Entwicklung, Nutzung und Bedeutung von Technik mitbestimmten (Sozialkonstruktivismus).^[4] Damit wandten sie sich gegen

die Überzeugung, dass Technikgenese rationalen Eigenlogiken gehorche (Technikdeterminismus).^[5] Die Vorstellung, Technik sei sozial und kulturell gestaltet, schließt auch die Fragen mit ein, „wie Wissenschaft und Technologie in einer demokratischen Gesellschaft zu handhaben wären und wie der Versuchung widerstanden werden kann, von der Technokratie direkt in den Populismus abzurutschen“.^[6]

In der Folge dieser konzeptionellen Neuausrichtung entwickelte sich eine ausdifferenzierte Konsum- und Nutzerforschung. Demgegenüber schenkten Technikhistorikerinnen und Technikhistoriker anderen Perspektiven wie der Produktionsgeschichte und der Wirtschafts- Sozialgeschichte ab den 1990er-Jahren zunehmend weniger Beachtung. Im Anschluss an Ruth Schwartz Cowan, die 1987 gefordert hatte, die „Schnittstelle Verbraucher“ (*consumption junction*) zu untersuchen, zeigten immer mehr Arbeiten, wie wichtig das Konsumverhalten für die Entwicklung und Verbreitung von Alltagstechniken war.^[7] Dabei waren es zu Anfang vor allem Studien seitens der Geschlechterforschung, die die lange dominierende Vorstellung eines der Technik ausgelieferten Verbrauchers hinterfragten. Nutzerinnen, so lautete das Argument, hätten die Entwicklung technischer Dinge mitgestaltet, indem sie sich diese in ihren alltäglichen Handlungen aktiv aneigneten oder sich ihnen verweigerten.^[8]

In den letzten Jahren sind mehrere Überblickswerke erschienen, die diese methodische Neuausrichtung widerspiegeln. Das Fach habe, wie der Historiker Matthias Heymann notiert, „einen Erkenntnisstand, eine methodische Reife [...] entwickelt“, die es ihm erlaube, sich der allgemeinen Geschichte und anderen Fächern selbstbewusst zu präsentieren.^[9] Dank des Themenspektrums dieser Werke ist der Einstieg in die Forschungslage zur europäischen Technikentwicklung in der Neueren Geschichte und Zeitgeschichte mittlerweile recht einfach. Wie die meisten jüngeren Überblicksdarstellungen legt auch Martina Heßlers Einführung in die „Kulturgeschichte der Technik“ ihren thematischen Schwerpunkt auf den technischen Wandel seit der Industrialisierung.^[10] Eine Verlagerung des Untersuchungszeitraums bieten die Einführungen von Joachim Radkau, Karl Heinz Metz und Marcus Popplow an, die Technikentwicklungen in vorindustriellen Zeiten nachgehen.^[11] Gesamtdarstellungen zur Technikgeschichte der Frühen Neuzeit, wie sie für die Umweltgeschichte vorliegen, stehen bis heute aus.^[12]

Innerhalb der Technikgeschichte lässt sich zum Übergang ins 21. Jahrhundert auch ein verstärktes Interesse an transnationalen Forschungsperspektiven feststellen. Ein wichtiger Ausgangspunkt war das 1999 von Technikhistorikerinnen und -historikern gegründete Netzwerk „Tensions of Europe“.^[13] Das europäische

Netzwerk verschreibt sich dem Ziel, über die in der Technikgeschichte einst tief verwurzelte nationalstaatliche Perspektive hinauszugehen und stattdessen Prozesse des transnationalen Techniktransfers und der grenzüberschreitenden Zirkulation von Technikwissen zu untersuchen. Zu einer wichtigen Forschungsleistung des Netzwerks gehört die Buchreihe „Making Europe“. Die Reihe argumentiert, dass der Technik für die europäische Integration seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert eine zentrale Rolle zugekommen sei.^[14]

Genese, Gebrauch, Entsorgung: technische Artefakte und Systeme in ihren Lebenszyklen

Von der Innovation und Produktion über Gebrauch und Nutzung bis hin zur Entsorgung oder dem Recycling: Technische Dinge und Infrastrukturen erfahren im Lauf ihrer Lebenszyklen vielseitige Nutzungsgeschichten. Die technikhistorische Forschung hat in den letzten Jahrzehnten immer mehr Stationen entlang dieser Lebenszyklen in den Blick genommen. Lange beschäftigte sich die Disziplin fast ausschließlich mit den frühen Phasen der Technikentwicklung und fragte danach, wie technische Neuerungen erfunden, entwickelt, produziert und vermarktet wurden. Mit den nutzerzentrierten Perspektiven verlagerte sich der Schwerpunkt technikhistorischen Arbeitens zu den mittleren Abschnitten der Konsumtion und des Technikgebrauchs. In den letzten Jahren wurden zudem Ansätze entwickelt, um auch die späteren „Lebensphasen“ einer Technik zu erforschen, also die Zeitspanne, wenn Technik instandgesetzt oder aktiv entsorgt wird.

Der Zugang über die Lebenszyklen des Technischen sensibilisiert dafür, wie die Disziplin ihre Untersuchungsgegenstände ausgeweitet hat. Zugleich lassen sich entlang dieser Lebensphasen wichtige Schwerpunkte zeithistorischer Technikgeschichtsforschung herausarbeiten. Dabei gilt es zu betonen, dass die Unterscheidungen zwischen einzelnen Technikphasen analytisch sind und in der Forschung verstärkt integrativ gedacht werden. Jüngere Studien zur Instandhaltung und Reparatur von Technik betonen etwa, dass diese Aspekte oft schon in der Produktgestaltung mitgedacht wurden.

Technikgenese und -produktion

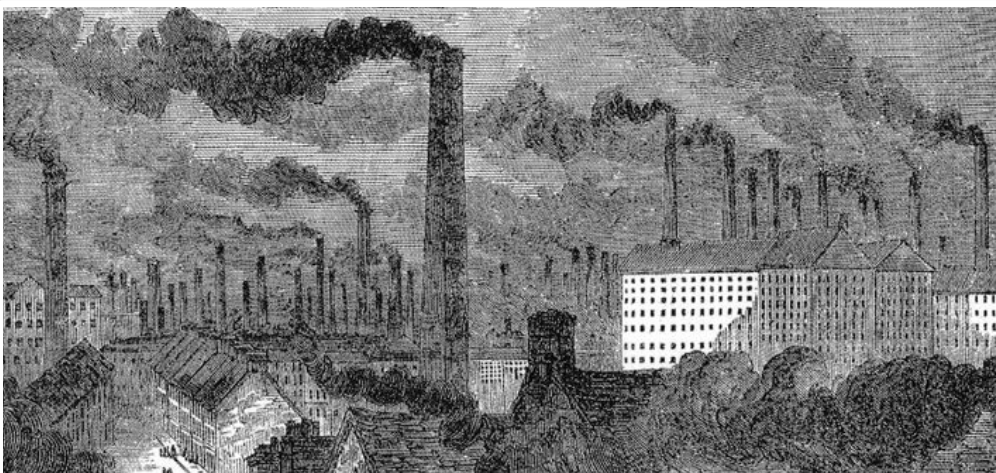
Die frühen Phasen der Technikentwicklung in Gestalt innovativer Produkte oder Produktionsverfahren gelten nicht nur als Motor des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wandels, sie werden auch als prägend für unseren technisierten Alltag wahrgenommen.^[15] Zwischen Technikdeterminismus und Sozialkonstruktivismus wurde die Frage nach den Bedingungen, die die

Entwicklung technischer Neuerungen anstoßen, immer wieder neu verhandelt. Anstelle von Erzählungen des technischen Fortschritts, einschlägigen Erfindungen und ihren meist männlichen Erfindern haben kulturwissenschaftliche Ansätze die vielfältigen politischen, gesellschaftlichen, naturräumlichen oder wirtschaftlichen Bedingungen untersucht, in denen Technikgenese stattfand.^[16]

Eine pragmatische und im besten Falle konsensfähige Definition von Innovation stammt aus den volkswirtschaftlichen Überlegungen Joseph Schumpeters.^[17] Innovation ist demnach jener Moment, in dem eine Invention zur wirtschaftlichen Verwertung übergeht und sich in ihrem Marktumfeld durchsetzt. In den 1980er-Jahren entwickelten Technikgeschichte und Innovationsforschung das Denkmodell des nationalen Innovationssystems, das Erkenntnisse zu institutionellen Rahmenbedingungen gelungener Innovationsprozesse in modernen Industriestaaten hervorbrachte.^[18] Dabei konzentrierten sich die Forschungsperspektiven auf das Handeln von Organisationen und die institutionellen Strukturen, Interaktionen und funktionalen Verschränkungen zwischen industriellen, wissenschaftlichen und staatlichen (Groß-)Forschungseinrichtungen. Untersuchungen zu Innovationen in der Rüstungsforschung machten ergänzend deutlich, dass in vielen Technikfeldern Marktprozesse nur sehr eingeschränkt wirksam waren.^[19] In den folgenden Jahrzehnten nahm die historische Innovationsforschung immer stärker Anregungen der kulturgeschichtlichen Technikforschung auf. Deutlich wird dies etwa im Konzept der Innovationskultur. Hier werden auch die kulturellen Einflussfaktoren von Innovation – etwa Handlungen regionaler Akteure und Unternehmen – ebenso wie kulturelle Prägungen, Werte und Mentalitäten berücksichtigt.

Die technikhistorische Innovationsforschung interessierte sich dabei überwiegend für „erfolgreiche“ Innovationspfade.^[20] Die Rahmenbedingungen von Technikentwicklung werden aber gerade in Momenten des Scheiterns sichtbar.^[21] Das innovative Scheitern der DDR ist zeithistorisch wichtig, weil die daraus resultierende ökonomische Schwäche zur Delegitimierung des ostdeutschen Staats beigetragen hat. Ein Themenheft der Zeitschrift „Technikgeschichte“ von 2012 untersucht verschiedene Aspekte dieses Problems.^[22] Die ostdeutsche Automobilindustrie – die mit dem Trabant zum Symbol der Innovationsschwäche geworden ist – scheiterte etwa daran, dass Angebot und Nachfrage in der „Zentralverwaltungswirtschaft“ nicht effizient aufeinander abzustimmen waren. Ein einmal aufgebautes Produktionssystem konnte trotz seiner Unwirtschaftlichkeit nicht mehr verändert werden.^[23]

Die Geschichte der Produktionstechniken ist der zweite klassische Kernbereich einer technikhistorischen Auseinandersetzung mit Prozessen der Technikgenese. Dies erklärt sich auch aus der frühen Verbindung der Technik- zur Wirtschaftsgeschichte sowie dem vorrangigen Interesse am Zeitraum der Industrialisierung. Bis in die 1980er-Jahre war eine Art Standarderzählung verbreitet, die von den großen produktionstechnischen Umwälzungen des 18., 19. und 20. Jahrhunderts berichtete. Der Weg zum mechanisierten Spinnen und Weben, Neuerungen im Werkzeug- und Antriebsmaschinenbau, die Transportrevolution durch die Eisenbahn sowie die Herausbildung komplexer Systeme und Strukturen bildeten die technische Basis für den umfassenden industriellen Strukturwandel, der von Großbritannien ausgehend im 18. Jahrhundert immer mehr Länder und Sektoren zu umfassen begann.^[24] Dabei stand die Untersuchung von Großbetrieben und von Massenproduktion meist im Vordergrund, während die anhaltende Bedeutung von Handwerk und Produktion in kleinen und mittleren Betrieben nur am Rande thematisiert wurde.^[25]



Manchester war eine der frühzeitig industrialisierten Städte Englands. Wenn die Fabriken um die Mitte des 19. Jahrhunderts mit ihren über 500 Schloten qualmten, berührten Rauch und Ruß sämtliche Aspekte des Alltagslebens. Der englische Umwelthistoriker Stephen Mosley beschreibt in „Chimney of the World“, wie sich sogar die Kleidungs- und Möbelmode im viktorianischen England hin zu dunkleren Farben veränderte, um die Anfälligkeit durch Kohlenschmutz zu vermindern. Die Abbildung „Manchester, getting up the steam“ aus der englischen Architektur-Zeitschrift „The Builder“ (1853), nach: Stephen Mosley, *The Chimney of the World: A History of Smoke Pollution in Victorian and Edwardian Manchester* 2001, public domain

„Erst in jüngerer Zeit finden sich Ansätze und Publikationen“, so Martina Heßler in einem Forschungsüberblick zur Automatisierungsgeschichte, „die die Geschichte

der Arbeit und der industriellen Produktion neu betrachten.“^[26] Hatten traditionelle Darstellungen vor allem nach den Besitz- und Machtverhältnissen gefragt, die Produktionsbedingungen und Arbeitsvorgänge rahmen, so werden jetzt Aspekte behandelt, für die Entwicklungen in der Geschlechter-, Körper- und Sinnesgeschichte die Stichworte liefern. David E. Nye legte eine Arbeit vor, in der er mit neuem Blick – jenseits des traditionellen Verständnisses von Taylorismus und Fordismus als universell gültige Verwirklichungen des Rationalitäts- und Effizienzparadigmas – die amerikanische Fließbandproduktion untersucht und die „Assembly Line“ zum Ausgangspunkt einer Kulturgeschichte der Massenproduktion im 20. Jahrhundert macht. Karsten Uhl lenkt die Aufmerksamkeit auf die Räume der Fabrik, in denen gearbeitet wurde, und Sonja Petersen oder Stefan Krebs fragen in Fallstudien zum Klavierbau bzw. der Papierindustrie, wie die Zeitgenossen Veränderungen im Arbeits- und Produktionsprozess erlebten und deuteten.^[27] Auch national und regional unterschiedlichen Produktionsregimen schenken Historikerinnen und Historiker mehr Beachtung. In der Phase der Industrialisierung, die üblicherweise durch dampfende Schloten, Maschinerisierung und das unaufhaltsame Wachsen großer Fabriken charakterisiert wird, gelang traditionellen Produktionssystemen wie dezentralen Manufakturen, Verlagssystemen und Heimarbeit mancherorts, etwa im sächsischen Textilexportgewerbe, ein neuer Aufschwung.^[28]

Die Aktualität der Produktionsgeschichte ist sicher im Zusammenhang mit gegenwärtigen Diskussionen etwa um die Digitalisierung zu sehen. Das macht sich in Arbeiten bemerkbar, die klassische produktionsorientierte Themen weniger aus einer rein technikgeschichtlichen als vielmehr aus einer gesellschafts- und zeitgeschichtlichen Perspektive erarbeiten. Sie untersuchen Prozesse wie Fordismus, Computerisierung und Automatisierung als gesellschaftliche Phänomene und sozialtechnische Regulierungsstrategien.^[29]

Konsum und Nutzung

In den letzten Jahren zeichnete sich in energiegeschichtlichen Bezügen eine Perspektivverschiebung ab: Statt sich mit Erfindingenieuren wie Thomas Alva Edison oder Werner von Siemens und ihren Basisinnovationen zu beschäftigen, verlagern jüngere Arbeiten ihren Betrachtungsschwerpunkt auf die Nutzerseite. In ihrer Dissertation zum Energiekonsum in westdeutschen Haushalten nach dem Zweiten Weltkrieg weist Sophie Gerber auf den bis heute zutreffenden paradoxen Zusammenhang hin, dass sich der private Stromverbrauch trotz deutlich höherer Energieeffizienz elektrischer Geräte kontinuierlich erhöht (Rebound-Effekt).^[30] Jüngere Arbeiten betonen politische und kulturelle Konzeptionen von Energie im

zeithistorischen Kontext. Sie unterstreichen die Bedeutung der Energiefrage seit den Energiekrisen der 1970er-Jahre, die die Endlichkeit vieler Energieträger und die mit ihnen verbundenen Risiken ins Bewusstsein gerückt haben.^[31] Studien wie der Sammelband „Past and Present Energy Societies“ nehmen eine kritische Einschätzung des Verhältnisses von Energie und Gesellschaft vor, wenn sie historisch nachzeichnen, wie die Abhängigkeit von Elektrizität entstand und hoher Energieverbrauch im Laufe des 20. Jahrhunderts zur Selbstverständlichkeit wurde.^[32]

Energie spielt unter alltags-, nutzer-, geschlechts- und konsumhistorischen Fragestellungen auch in Studien der Technisierung des Haushalts durch Kühlschrank, Waschmaschine, Staubsauger oder Elektroherd eine Rolle.^[33] Es ist vor allem Technikhistorikerinnen zu verdanken, dass die Haushaltstechnik seit den 1980er-Jahren zu einem intensiv beforschten Bereich zählt.^[34] Sie zeigen, wie die Haushaltstechnisierung im 20. Jahrhundert in die Geschlechter- und Konsumgeschichte, die Zeit des Nationalsozialismus sowie in die Geschichte des Kalten Kriegs eingebunden war.^[35] Die Küche war der zentrale Ort, an dem die großtechnischen Versorgungssysteme mit Haushaltsgeräten zusammentrafen und sich Geschlechterbilder von Hausfrauen und erwerbstätigen Männern festschrieben. Dass nicht nur Militär- oder Weltraumtechnik, sondern auch Küchendesign und -ausstattung zum Emblem des Systemgegensatzes im Kalten Krieg wurden, verdeutlicht etwa der Sammelband „Cold War Kitchen“.^[36]

Die Konsumgeschichte ist mittlerweile ein zentrales Feld der kulturgeschichtlichen Technikforschung. Technikhistorikerinnen untersuchten, inwiefern „Portables“ wie Kofferradio, Walkman und Handy neue Formen des mobilen Technikgebrauchs hervorbrachten, oder sie gingen Alltagsgegenständen wie dem „Schuh im Nationalsozialismus“ nach, um die politische Seite eines scheinbar unschuldigen Massenkonsumguts zu verdeutlichen, das Gegenstand von Menschenversuchen im Konzentrationslager wurde und später „effektiver Bestandteil“ deutscher Wirtschaftserfolge der Nachkriegszeit war.^[37] Im „Wirtschaftswunder“ avancierten in Westdeutschland – in den USA bereits in der Zwischenkriegszeit – diverse Technikfelder zu Sphären des Massenkonsums: Der ubiquitäre Verzehr industriell hergestellter Nahrungsmittel, die Bekleidung mit modischer Massenkonfektion, das Wohnen im technisierten Haushalt oder neue Mobilitäts- und Freizeitformen beförderten die heute charakteristische konsumintensive Lebensweise.^[38]

Reparatur, Wartung und „Entschaffen“

Technische Gegenstände werden nicht nur erfunden, produziert und konsumiert. Auf dem „middle ground“ (Kevin Borg) zwischen Produktion und Konsumtion

schließen weitere Dimensionen des Technikumgangs an, die gerade erst historisch erforscht werden: Technik muss immer auch gewartet, repariert oder mit Ersatzteilen ausgestattet werden.^[39] Demnach waren Eingriffe, die den Betrieb und Erhalt garantierten, für den alltäglichen Technikumgang langfristig sehr prägend.^[40] Darauf weisen Arbeiten hin, die sich mit Praktiken des Selber-Reparierens in der Automobilkultur oder den Instandhaltungsarbeiten an Wasserkraftanlagen auseinandersetzten.^[41] Ein wesentlicher Impuls zur Beschäftigung mit solchen Themen dürfte von der aktuellen Nachhaltigkeitsdebatte inspiriert sein: Stand das Reparieren lange für eine Tätigkeitsform, die allein in Mangelsituationen zur Anwendung kam, so hat das Thema ein neues Image erhalten – und findet damit auch historiografisches Interesse.^[42]

Am Ende ihres Nutzungszklus verschwinden technische Dinge nicht einfach. Sie werden ausgebessert, erneuert, aussortiert oder entsorgt.^[43] Wie Konsumgüter und veraltete Infrastrukturen wie zum Beispiel Haus- und Atommüll aktiv aus dem Verkehr gezogen wurden, wird in der Technikgeschichte erst seit Kurzem systematisch untersucht. Heike Weber prägte für die Umgangsformen mit veralteter Technik den Begriff des „Entschaffens“.^[44] Diese Alltagserfahrungen im Umgang mit alten Techniken nehmen beispielsweise Studien zu Recyclingpraktiken beim Fahrrad oder zur Einführung des Glaspfandsystems in den Blick.^[45]

Da die Massenkongumgesellschaft immer mehr Ressourcen verbraucht und Reststoffe freisetzt, geht die Frage des Entsorgens auch mit enormen technischen und ökologischen Herausforderungen einher: Bauflächen und Deponien werden knapp, sodass ein Großteil (toxischer) Abfälle inzwischen in weltumspannenden Netzen um den Globus zirkuliert. Dies verdeutlichen in technikhistorischer Perspektive zuletzt Arbeiten zur Entsorgung von Altreifen oder toxischen Stoffen wie Asbest.^[46] Die globale Dimension des „Entschaffens“ von technischen Resten betrachtet eine Münchener Forschergruppe am Beispiel von Giftmüll oder ausrangierten Überseetankern, die von den westlichen Industrieländern in ärmere Küstenregionen Asiens exportiert werden, wo das Abwracken der Schiffe auf dem Rücken der Anwohnerinnen und Anwohner ausgetragen wird sowie auf Kosten lokaler Umwelten geschieht.^[47]

Angesichts zunehmend kürzerer Lebenszyklen von technischen Artefakten in der Massenkongumgesellschaft und eines stetig steigenden Ressourcenverbrauchs rücken Fragen von Ressourcenkonflikten und eines verantwortungsbewussten Stoffumgangs auf die Agenda. Hier bleibt auch für die Technikgeschichte noch viel

zu erforschen, will die Disziplin zu Themen wie Kreislaufwirtschaft, Abfallwissenschaften, Stoffstrommanagement, AKW-Rückbau oder dem Umgang mit Gefahrstoffen Orientierungswissen bereitstellen.

Schnittstelle Technik und Umwelt

Die Schnittstelle von Technik- und Umweltgeschichte ist eines der dynamischsten Untersuchungsfelder der letzten zwei Jahrzehnte. Jüngst konstatierte Melanie Arndt eine „sehr fruchtbare Annäherung“ zwischen Technik- und Umweltgeschichte, an deren Schnittstelle Historikerinnen und Historiker inzwischen auf explizite Forschungsansätze zurückgreifen könnten.^[48] Diese disziplinären Verflechtungen reichen weit zurück. 1991 zeigte William Cronon in seiner Pionierstudie „Nature’s Metropolis“, wie Chicago in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ins Zentrum eines Transformationsprozesses rückte, bei dem ein großtechnisches Konglomerat aus intensiver Landwirtschaft, Eisenbahnen, Kühltechnik, Schlachthäusern und Warenbörsen die natürlichen Verhältnisse des Mittleren Westens der USA tiefgreifend technisierte. Diesen „Brückenschlag“ zwischen Technik und Umwelt kennzeichnet Cronon mit dem Begriff der „zweiten Natur“, die die vom Menschen unberührte Wildnis – der „ersten Natur“ – sukzessive in eine Kulturlandschaft transformierte.^[49]

In den letzten Jahren haben sich sowohl Technik- als auch Umwelthistorikerinnen und -historiker verstärkt darum bemüht, die aktive Rolle der Umwelt in Technisierungsprozessen zu untersuchen und Umwelt als wirksamen Faktor für die Entwicklung von Technik zu berücksichtigen.^[50] Diese Perspektivverschiebung wird bis heute von Richard Whites Studie „Organic Machine“ (1995) geprägt.^[51] In seiner Beschreibung des eingehegten Columbia River betont er die Wechselwirkungen zwischen technischen Eingriffen und naturalen Prozessen. Vor allem Flussgeschichten stellten die Produktivität dieser Perspektivverschiebung unter Beweis, um Eigendynamiken der biophysischen Umwelt und nichtintendierte Folgen technischer Eingriffe sichtbar zu machen.^[52] Fallstudien finden sich in der Geschichte der Wasserkraft, wenn sich ein Strom unterhalb eines Staudamms ein neues Bachbett gräbt und Ackerflächen sowie Gebäude überflutet, oder wenn Flussbegradigungen und Kanalbauten für Zeitgenossen überraschende Folgen wie Hochwasser oder Versandung produzierten, auf die Menschen wiederum technikvermittelt reagierten.^[53]

In einer Mischung aus überschwänglichem Fortschrittsglauben und instrumenteller Praxis avancierte Technik im letzten Jahrhundert verstärkt zu einem Vehikel der

Weltbeherrschung. Der Medienwissenschaftler Markus Krajewski bringt das Phantasma der lückenlosen technischen Aneignung des Globus um 1900 mit dem Begriff der „Restlosigkeit“ auf den Punkt.^[54] Studien zur Geschichte der Tiefsee-, Ballon-, Luft- oder Raumfahrttechnik weisen auf diese „Eroberung“ unbekannter Räume hin, die sich dem technischen Zugriff aufgrund extremer naturräumlicher Bedingungen lange entzogen hatten. Gerade das Vordringen in diese Grensräume war stets mit Mythenbildung und einem „heroischen“ Technikgebrauch verknüpft.^[55] Die Erschließung des Weltalls als Vision und Praxis wurde von der Forschungsgruppe um Alexander C.T. Geppert und Tilmann Siebeneichner untersucht und etwa von Daniel Brandau in den Zusammenhang mit der phantastischen Literatur gebracht.^[56]

Ob Vermessungsarbeiten am Grund der Ozeane, die Verlegung von Tiefseekabeln, der Tiefseebergbau oder die Technisierung der marinen Umwelt zur Steigerung der Fangerträge in der industriellen Hochseefischerei: Die Weltmeere wurden im 20. Jahrhundert als unerschöpfliche Ressourcenräume imaginiert, deren Erschließung nur das Zusammenspiel von politischen Kräften, wissenschaftlichen Erkenntnissen und technologischem Know-how ermöglichte.^[57] Unter technik-, wissenschafts- und umwelthistorischen Fragestellungen erwies sich die „Maritime History“ zuletzt als ein besonders fruchtbares Forschungsfeld, da der Umgang mit den naturalen Kräften der Meere die Menschen immer wieder zu innovativen Leistungen anregte, um ungenutzte Meeresregionen und Meerestiefen zu erschließen.



Im Kalten Krieg wurden extreme und lebensfeindliche Umwelten mit Hilfe von Technik erforscht und militärisch erschlossen. Auf der Fotografie wird das Bathyscaph „Archimède“, ein Tiefsee-U-Boot der französische Marine, zu Wasser gelassen (1961). Foto: Georges Houot, 28. Juli 1961. Quelle: Wikimedia Commons, Lizenz: public domain

Eng verbunden mit der maritimen Geschichte ist auch die technische Durchdringung und Erforschung der Pole im Kalten Krieg. Bei der Erschließung der Antarktis und Arktis spielten Polarforschungs- und Versorgungsschiffe wie die deutsche „Polarstern“ eine wesentliche Rolle.^[58] Für die infrastrukturelle Beherrschung Grönlands waren im Kalten Krieg US-amerikanische Militärbasen von strategischer Bedeutung und erleichterten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern den Zugang zu unerforschten Regionen und neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen, was wiederum auf die Technisierung dieser extremen Umwelten zurückwirkte.^[59] Christian Kehrt zeigt am Beispiel der westdeutschen Antarktispolitik, dass sich die Gründe für Aufbau und Erhalt technischer Infrastrukturen an den Polen während der späten 1970er-Jahre wandelten: Aus dem Ressourcenraum Antarktis wurde ein „Weltnaturpark“. Technik war nicht mehr allein ein Mittel geopolitischer Zielsetzungen oder zur Ausbeutung von Ressourcen, sondern sie diente dem Unterhalt einer bis heute wachsenden Forschungsinfrastruktur.^[60] Insgesamt zeichnen sich hier neue Schnittstellen zwischen Technik- und Umwelt-, aber gerade auch der Wissensgeschichte ab.

Die rege Forschungsaktivität in den Grenzbereichen von Technik- und Umweltgeschichte speist sich auch aus der zeithistorisch aktuellen Frage, wie die

unauflösbare Verflochtenheit von Technik und Umwelt historisch entstanden ist. Produktionsfortschritte und Massenkonsum haben im 20. Jahrhundert einschneidende ökologische Veränderungen im globalen Ausmaß hervorgebracht. Pestizideinsatz, neue Agrartechniken des Aberntens, neue Mobilitätsformen oder veränderte Konsumgewohnheiten zerstören Biodiversität und bedrohen menschliche Lebensgrundlagen.^[61] Für die Zeit ab den 1950er-Jahren sprechen Technik- und Umwelthistorikerinnen und -historiker von der „großen Beschleunigung“ (*Great Acceleration*), die auf den gewaltigen Anstieg im Ressourcen- und Energieverbrauch und die davon ausgelösten Umweltfolgen hinweist.^[62]

Unter dem Schlagwort des „Anthropozäns“ wird seit einigen Jahren eine neue Epochenfrage verhandelt. In dieser von den Geowissenschaften angestoßenen Debatte beziehen auch technik- und umweltgeschichtliche Forschungen Position zu der Frage, ob es aufgrund der vom Menschen verursachten globalen Veränderungen seit der Industrialisierung berechtigt sei, eine neue geologische Ära auszurufen.^[63] Helmuth Trischler hat die Herausforderungen und Chancen des Konzepts Anthropozän für die Technik-, Wissenschafts- und Umweltgeschichte diskutiert. Seiner Meinung nach bietet diese Kontroverse die Möglichkeit für interdisziplinäre Kooperationen zwischen kultur- und naturwissenschaftlichen Fächern.^[64] Betont Trischler das produktive Moment einer transdisziplinären Zusammenarbeit, so macht Sabine Höhler auf das kritische Potenzial historischer Forschungen aufmerksam, um Metaphern der Naturwissenschaft und technische Machbarkeitsideen in ihrer Ambivalenz zu verstehen und herauszufordern.^[65]

Technische Infrastrukturen

Vielleicht mehr noch als der Schnittpunkt von Umwelt- und Technikgeschichte stellen Infrastrukturen den in zeithistorischen Bezügen aktuell am intensivsten untersuchten Forschungsgegenstand der Technikgeschichte dar. Dirk van Laak argumentiert, dass sich der Begriff „Infrastruktur“ im Verlauf des 20. Jahrhunderts zu einem Schlüsselbegriff wandelte: Im Zuge von Fortschrittsenthusiasmus und Planungseuphorie wurden technische Infrastrukturen vermehrt – und letztlich bis heute – als Voraussetzungen für positive Entwicklungen aller Art angesehen.

Die infrastrukturelle Durchdringung unseres Alltags wurde zunehmend dichter und der Grad der Vernetzung einzelner Techniken immer ausgeprägter. Vor allem nach dem Zweiten Weltkrieg setzte sich die Überzeugung durch, dass Infrastrukturen – mit dem Wort bezeichneten französische Ingenieure ursprünglich den Unterbau

von Eisenbahnen – wirtschaftlichen, politischen und kulturellen Fortschritt produzieren. Im letzten Drittel des 20. Jahrhunderts kollidierte dieser technische Machbarkeitsglaube zusehends öffentlich mit ökologischen und politischen Realitäten.^[66] Zugleich kennzeichneten Bau, Betrieb und Erhalt infrastruktureller Projekte zu jedem Zeitpunkt eine Vielfalt von Bedeutungen, die ihnen verschiedene Akteure zuschrieben: Erdarbeiter, Ingenieure, Politiker, Unternehmer, Militärvertreter oder Umweltschützer deuteten solche Großvorhaben und interagierten mit ihnen auf individuelle Art und Weise.^[67]

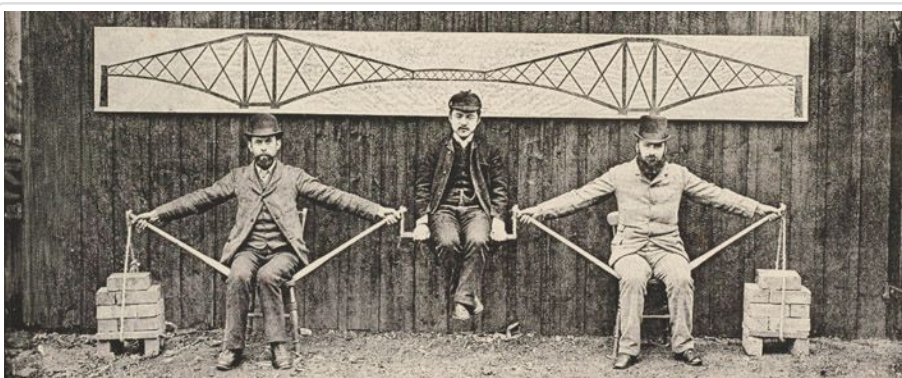
In vielen Bereichen geht die Errichtung großtechnischer Infrastrukturen auf die Phase der Hochindustrialisierung zurück. Einen zentralen Referenzpunkt markiert Thomas P. Hughes' transnationale Geschichte über den Aufstieg moderner Energiesysteme aus dem Jahr 1983.^[68] Darin beschreibt Hughes die Entstehung der Elektrizitätsversorgung in den USA, Großbritannien und Deutschland mit dem Konzept des „technological system“. Er lenkt die Aufmerksamkeit auf voneinander abhängige Erfindungen, die Voraussetzung für die elektrische Beleuchtung von Großstädten ab den 1880er-Jahren waren, untersucht diese im Zusammenspiel mit gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Kräften und fragt nach den Modifikationen, die die Ausweitung dieser Systeme in andere Regionen bedingten. Die von Hughes entwickelten Fragestellungen wurden vielfach aufgegriffen, kritisiert und weitergedacht.^[69] Sie geben Konzepte zur Genese jener großtechnischen Systeme an die Hand, die heute unsere gesamte Lebenswelt überformen.^[70]

Die Entwicklungspfade einzelner Infrastrukturen folgten aber auch anderen Zeitlichkeiten. Im Transport- und Kommunikationssektor beginnt die zentrale Rolle von Infrastrukturen beispielsweise deutlich früher. Bereits zum Übergang in die Frühe Neuzeit – somit weit vor dem Aufkommen von Eisenbahn- und Telegrafverbindungen – beförderte der systematische Ausbau der Chausseen und des Postwesens den Überlandtransport von Gütern und Personen und beschleunigte den Austausch von Ideen und technischem Wissen.^[71] Die Zusammenführung von Einzelinfrastrukturen zum hochkomplexen Gesamtsystem wurde in europäischen Metropolen um 1900 zur kritischen Voraussetzung, um die Funktionsfähigkeit von Produktions- und Dienstleistungsbereichen aufrechtzuerhalten.^[72] Andere Infrastrukturen entwickelten sich hingegen erst in zeithistorischen Bezügen, etwa die Energiebereitstellung durch Erdgas sowie die Systeme der Organtransplantation oder der Sondermüllentsorgung.^[73]

Dass hinter der heute selbstverständlichen Bereitstellung von Energie und Wasser komplexe und anfällige Infrastrukturen stehen, wird oft erst sichtbar, wenn diese

Versorgungssysteme ausfallen, wie David E. Nye für die Geschichte der Blackouts in den USA festhält: „People notice electricity only in its absence.“^[74] Für die historische Forschung bieten Katastrophen und Unfälle allerdings wichtige Einsichten. In diesen „moments of mismatch“ kommunizierten die beteiligten Akteure Wissen über funktionelle Technikzusammenhänge, die bei reibungslosen Abläufen selbstverständlich erscheinen und somit verborgen bleiben.^[75]

Der gesellschaftliche Umgang mit technischen Katastrophen ist nicht selten von mythischen Figuren beherrscht, zu deren Verständnis und Kritik Technikgeschichte ihren Teil beiträgt: Einerseits wurde und wird Scheitern in den Begriffen von Hybris und Nemesis gedeutet, als Überschreitung einer göttlichen beziehungsweise natürlichen Ordnung und die darauf folgende Strafe; andererseits war der Unfall in der Moderne ein Argument dafür, dass der technische Fortschritt noch nicht weit genug vorangetrieben sei.^[76] Zugleich haben technische Katastrophen in unserer Zeit eine qualitativ neue Dimension. Angesichts von Reaktorkatastrophen oder der möglichen atomaren Vernichtung der Welt sind die Folgen technischer Störungen eine zugleich weltumspannende und „unsichtbare“ Bedrohung für Gesundheit und Überleben aller Menschen gleichermaßen.^[77]



Technikunfälle beschäftigten die europäische Öffentlichkeit: „Tand, Tand, ist das Gebild' von Menschenhand“, dichtete Theodor Fontane, als 1879 die Eisenbahnbrücke über den Firth of Tay vor der schottischen Ostküste mit einem Personenzug einstürzte. Der 1890 eröffnete Neubau einer Brücke entlang der gleichen Bahnstrecke musste deshalb auch technische Sicherheit demonstrieren. Auf der Fotografie illustrieren der Ingenieur Benjamin Baker und seine Mitarbeiter das Konstruktionsprinzip ihrer Brücke über den Firth of Forth bei Edinburgh. Quelle: National Library of Scotland, Fotosammlung, Lizenz: public domain

Ingenieure tendierten im 20. Jahrhundert dazu, ressourcenverschlingende Planungsrüinen hervorzubringen.^[78] Die zeitgenössischen Diskussionen um solche „Weißen Elefanten“, die entweder gar nicht realisiert wurden oder aufgrund ihrer Ausmaße von vornherein zum Scheitern verurteilt waren, sagen viel über Herrschaftsphantasien oder überschwängliche Erwartungen an Technik aus. Von einem der spektakulärsten „Weißen Elefanten“ berichtet Alexander Gall in seiner Analyse der Atlantropa-Pläne. Der Architekt Herman Sörgel wollte in den 1930er-Jahren an der Straße von Gibraltar einen Riesendamm hochziehen, der das Mittelmeer absenken, neue Siedlungsflächen freilegen und den europäischen Energiebedarf decken sollte.^[79] Gerade zu den autoritären Regimen des 20. Jahrhunderts lässt sich eine Fülle aktueller Arbeiten zur Infrastrukturgeschichte finden, die großtechnische Bauten nicht nur als Mittel der Herrschaftsinszenierung nutzten.^[80] Am Beispiel stalinistischer Großbauten zeigten Klaus Gestwa oder Arnošt Štanzel, wie in der Geschichte der Sowjetunion Ideologie und Herrschaft mit der infrastrukturellen Überformung labiler Naturräume verknüpft waren.^[81] Infrastrukturelle Großprojekte waren hier durch Zielsetzungen motiviert, um von oben gewollte Modernisierungsprozesse in Gang zu setzen, wie Lino Camprubí und Erik Swyngedouw für das franquistische Spanien verdeutlichten.^[82] Aus Sicht der Ingenieure bedeuteten autoritäre Strukturen oftmals, dass ansonsten schwer realisierbare Bauvorhaben plötzlich umsetzbar wurden, weil Protestbewegungen fehlten und Zwangsmaßnahmen Widerstände auflösen konnten.

Zugleich wurden Projekte von kontinentalem oder sogar globalem Maßstab realisiert. Die zunehmende Vernetzung der Telegrafien- und Eisenbahnverbindungen, Kanalbauten wie Suez oder Panama oder große Staudammprojekte wie der Assuan-Staudamm drückten der „High Modernity“ ihren Stempel auf.^[83] Diese Epoche zwischen etwa 1880 und 1970 – auch als „technokratische Hochmoderne“ bezeichnet – war durch die Überzeugung gekennzeichnet, dass auf den technischen auch der soziale Fortschritt folgen werde.^[84] Westliche Prozesse von Techniktransfer und Technikaneignung entpuppten sich aber globalgeschichtlich keinesfalls als universalhistorisch. Jüngere Forschungen betonen, dass westliche Infrastrukturen selten eins zu eins auf andere kulturelle Kontexte übertragen wurden. Beispielsweise erzielten deutsche und französische Ingenieure mit der einfachen Adaption westlicher Wasserbautechniken in Istanbul völlig unzureichende Ergebnisse. Hier kam es zu einer Art „Nacherfindung“ in Anpassung an die spezifischen kulturellen und naturräumlichen Erfordernisse, so Noyan Dinçkal.^[85]

Da Infrastrukturen gebaut und genutzt werden, haben sie immer auch alltägliche

Dimensionen. Das gilt für den Alltag auf Baustellen, wo neue Techniken wie Stahlbetonbau oder maschinenbetriebene Hebewerkzeuge selten zu grundsätzlichen Umwälzungen führten, eher wurden alte Praktiken um neue Elemente ergänzt. Arbeit war dabei spätestens ab 1900 durch das Nebeneinander traditioneller und neuer Berufe sowie durch Arbeitsmigration gekennzeichnet.^[86] Hier deutet sich die Perspektivverschiebung hin zum erwähnten „middle ground“ an: Die Untersuchung von Wartung, Reparatur und Nutzungsweisen erklärt, wie Infrastrukturen über lange Zeiträume funktionsfähig gehalten wurden.^[87] Die Vertiefung solcher Aspekte erlaubt eine historisch-kritische Einordnung der affirmativen Rhetoriken von Modernisierung und Modernität, die historische Darstellungen wie auch die Selbstinszenierung von Architekten und Infrastrukturapologeten bis heute noch allzu oft prägen.

Infrastrukturen werden genutzt. Verkehrsinfrastrukturen sind etwa Vorbedingung von Mobilität und spannen einzelne Mobilitätsformen in ein Netz sozialer und technischer Komponenten ein, die es im Zusammenhang zu betrachten gilt: Weder Auto noch Motorrad funktionieren ohne Straßen, Reparaturwerkstätten oder auch Tankstellen.^[88] Die Geschichte der Mobilität hat im Zeitalter von innerstädtischen Fußgängerzonen, Malls am Stadtrand, Diesel-Fahrverboten, Protesten gegen den Aus- und Neubau von Eisenbahnstrecken nichts von ihrem Konfliktpotenzial verloren.^[89]

Im Feld der historischen Mobilitätsforschung ließen sich zuletzt Forschungstendenzen feststellen, die sich um Querbezüge zu anderen historischen Teildisziplinen wie der Sinnes-, Körper- oder Geschlechtergeschichte bemühen. Kurt Möser oder Anne-Katrin Ebert analysieren etwa die historische „Materialität und Funktionsweise“ des Fahrrads als körpervermittelte Praxis.^[90] Von der Geschlechtergeschichte inspiriert zeigt sich Anke Hertlings Arbeit über Frauen in der Automobilgeschichte; unter Eindrücken der Sinnesgeschichte fragt der Sammelband „Sound and Safe“ danach, wie das Fahrgefühl von Automobilen gestaltet wurde und neue Mobilitätspraktiken hervorbrachte.^[91]

Hierbei zeigen sich direkte Bezüge zu verkehrspolitischen Auseinandersetzungen unserer Gegenwart: der „autogerechte Umbau“ der Innenstädte nach dem Zweiten Weltkrieg,^[92] der Autobahnbau,^[93] die Etablierung von Verkehrsplanung als Disziplin oder die von der Verkehrspolitik gesetzten Rahmenbedingungen, die sich etwa mit dem „Ölschock“ änderten.^[94] All das sind technik- und zeithistorische Forschungsgegenstände, die gegenwärtige Mobilitätsformen und -infrastrukturen fundamental mitbestimmen und dabei vorherrschende Vorstellungen von Raum und Zeit prägen.^[95] Die erste Hochphase von

Elektroautos um 1900 bietet etwa eine notwendige Vergleichsfolie für die informierte Auseinandersetzung mit dem Versprechen von Elektromobilität in heutiger Zeit.^[96] Technische Mobilitätsutopien verweisen mit fliegenden und selbstfahrenden Autos, mit Zeppelin und Cargoliftern, mit Transrapid und Hyperloop auf die wichtige Rolle von Techniqueuphorie und phantastischer Literatur. Fortschritt dystopien und -utopien schwankten zwischen Wirkmächtigkeit, Spinnerei, Sachzwanglogik und Protestbewegung, wirkten aber auch in die zukünftigen mobilitätstechnischen Entwicklungspfade hinein.^[97]

Vier Perspektiven einer Technik-Zeitgeschichte

Alt und Neu

Zu den zeithistorisch drängenden Themen der Technikgeschichte zählt ohne Zweifel die Geschichte der Computer. Generell hat die Debatte über die Digitalisierung zu einem Hype der Computergeschichte geführt und auch in den Medienwissenschaften oder der Zeitgeschichte eine Auseinandersetzung mit vergangenen Computerwelten stimuliert. Jüngst berichtete David Gugerli davon, „Wie die Welt in den Computer kam“.^[98] Er wendet kulturgeschichtliche Fragestellungen der historischen Technikforschung auf die Geschichte des Digitalen an und verfolgt, wie die Interessen von Entwicklern, Unternehmen, Behörden, Militär und anderen Anwenderinnen und Anwendern in der Nachkriegszeit zusammenfielen oder kollidierten. In ihren Aushandlungsprozessen schufen sie schrittweise eine neue technisierte und digitale Umwelt.^[99]

Ein jüngerer Forschungsbericht schließt hier an und versteht unter „Digitalgeschichte eine neue Perspektive auf die fundamentale Umwälzung klassischer historischer Kategorien wie beispielsweise Raum, Zeit, Identität oder Nationalstaat seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts“. Dabei schlagen die Autorinnen und Autoren vor, dass Digitalgeschichte mehr als die Geschichte des Artefakts Computer sei, da sie „alle auf binärdigitaler Codierung basierenden, elektronischen Technologien, beispielsweise auch Kommunikationsnetzwerke oder Mensch-Maschinen-Hybride“ umfasse.^[100]

Als vergleichsweise junge Forschungsfelder sollten die Geschichte des Computers oder des Digitalen dabei aber nicht zunächst die Blindstellen reproduzieren, die die Technikgeschichte als Ganzes zu lange übersehen hat. Denn zu oft interessierte sich die Forschung zu Unrecht allein dafür, wie technische Neuerungen entwickelt, hergestellt und vermarktet wurden. David Edgerton gehört zu denjenigen, die fordern, weniger auf das technisch Neue zu schauen,

sondern stärker Prozessen alltäglicher Technikaneignung nachzugehen: Wende man sich Gebrauch, Betrieb und Erhalt bestehender Techniken zu, so werde deutlich, dass das Nebeneinander von heterogenen Produktions- und Organisationsformen für den alltäglichen Technikumgang langfristig viel bedeutender gewesen sei, als es in der Rückschau oft erscheine.^[101]

Diese Perspektivverschiebung zur „Fortdauer und Wiederkehr des Alten“ in der Technikentwicklung ist für einige Bereiche – etwa für die Themen Energie oder Mobilität – bereits angestoßen.^[102] Die Übernahme konstruktiver Merkmale und eiserner Bauteile der modernen Dampfschiffahrt verschaffte der traditionellen Segelschiffahrt am Ende des 19. Jahrhunderts einen gewissen Entwicklungsschub.^[103] Durch Neuerungen wie dem Glühstrumpf konnte die traditionelle Gasbeleuchtung nach 1900 noch einige Zeit mit dem modernen elektrischen Licht konkurrieren.^[104] Die als modern wahrgenommenen frühen Talsperren entstanden in den westdeutschen Mittelgebirgen mit dem primären Ziel, die seit Langem etablierten Drahtrollen und Hammerwerke mit altem Wasserradantrieben betriebsfähig zu halten. Letztlich waren die kleinen Anfänge des Talsperrenwesens aber auch eine wichtige Voraussetzung, um neue Energie- und Antriebsformen zu etablieren: die Erzeugung von Hydroelektrizität, die wiederum den Absatz der modernen Turbinentechnik ankurbelte.^[105]

Für die meisten Technikfelder ist aber bis heute seltsam unerforscht, wie sich althergebrachte und vermeintlich weniger spektakuläre Techniken und Produktionssysteme über lange Zeiträume halten konnten und unter Innovationsdruck weiterentwickelt wurden. Mit Blick auf das 20. Jahrhundert interessiert sich die Technikgeschichte etwa für wirkmächtige Prozesse wie die Einführung der fordistischen und tayloristischen Produktionssysteme oder für die mit der Computerisierung und Automatisierung einhergehenden technischen und sozialen Veränderungen. Allerdings haben neue Fertigungsabläufe und Produkte nicht in allen Bereichen zu einer Dequalifikation handwerklicher Berufe und seit Langem etablierter Produktionsverfahren geführt.^[106] Alfred Lüdtker wies bereits in den 1990er-Jahren darauf hin, dass Transformationsprozesse die körpergebundenen Alltagspraktiken von Arbeitern selten von Grund auf änderten.^[107] Gerade kulturhistorische Zugänge der Technikgeschichtsschreibung, die beispielsweise der Beständigkeit körpervermittelter Praktiken in sich wandelnden technisierten Umwelten nachgehen, werfen vielfältige, widersprüchliche und überraschende Perspektiven auf klassische Modernisierungsvorstellungen.^[108] Kommen wir noch einmal auf die Geschichte des Digitalen zurück, so wäre in diesem Zusammenhang etwa zu

fragen, inwiefern sich Digitalisierungsbestrebungen in generelle Tendenzen der technischen Moderne oder Diagnosen moderner Normalisierungsgesellschaften einreihen.^[109]

Hinzu kommt, dass bislang vor allem Innovationen untersucht wurden, die Techniker und Konstrukteure in „High-Tech“-Branchen wie Maschinenbau und Elektrotechnik entwickelten. Über viele „Low-Technologien“ ist indes weit weniger bekannt.^[110] Wir wissen viel über die Entwicklungspfade technisch komplexer Transport- und Mobilitätsmaschinen wie Eisenbahn, Auto oder Flugzeug, aber nur wenig über Low-Technologien wie Pferdekarren, Packesel, Schubkarren und Schaufeln, die im globalen Blick nicht verschwanden, sondern sich räumlich in den Globalen Süden verlagerten. Es gilt, technischen Wandel nicht mehr allein mit dem Fokus auf symbolisch bedeutsame Innovationen zu rekonstruieren, sondern die Rolle althergebrachten Know-hows und wohlbekannter Verfahren und Artefakte mitzudenken. Denn die Überlagerung und Hybridisierung von Techniken, die gemeinhin unterschiedlichen Entwicklungsstufen zugeordnet werden, stellte in vergangenen Technikkulturen den Normalfall dar und prägte den technisierten Alltag langfristig.

Periodisierungen herausfordern

Ob Forschungsarbeiten an der Schnittstelle zwischen Technik und Umwelt, zu technischen Infrastrukturen oder anderen Technikfeldern: Weitaus am meisten Aufmerksamkeit finden die Epoche der Industrialisierung und die „technische Moderne“ ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Ergänzt werden diese Arbeiten in zeithistorischen Bezügen um die Frage, ob mit der ökologischen Wende oder der sich beschleunigenden Vernetzung der Welt nach dem Zweiten Weltkrieg eine neue Epoche begonnen habe. Da nur vereinzelte Detailstudien zur Techniknutzung und -entwicklung in der Vormoderne vorliegen, hat sich ein Narrativ eingeschlichen, das abrupte Brüche und radikale Übergänge zwischen vormodernen, modernen und zuletzt auch zeithistorischen Technikvarianten, Wissensformen und Expertenkulturen vermuten lässt.^[111] Wenngleich aktuelle Großgeschichten der Technik immer auch auf die fließenden Momente der Technikentwicklung über politische Zäsuren hinweg verweisen, lässt sich der Eindruck abrupten zeitlicher Übergänge schon dadurch kaum verwehren, dass neue Technikerzählungen wiederholt mit dem Industrie- und Elektrizitätszeitalter beginnen.

Die fortwährende Wirkung dieser Narrative demonstrierten in den vergangenen zwei Jahrzehnten Studien, die sich mit der Herausbildung der modernen Stadt beschäftigten. Konzepte wie „Urban Machinery“, „Networked City“ oder die

„vernetzte Stadt“ beziehen sich allein auf die städtischen Entwicklungen ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts.^[112] Die infrastrukturelle Durchdringung wird in der Forschung als ein Merkmal der Moderne beschrieben.^[113]

Das bedeutet jedoch nicht, dass vormoderne Metropolen nicht auch technisiert waren oder die Bereitstellung von Ressourcen vor der Industrialisierung unvernetzt oder gar chaotisch verlief. Joachim Radkau verdeutlicht dies am Beispiel der Systemeigenschaften vorindustrieller Wasserbau- und Transporttechniken, mit denen urbane Zentren auf das Umland ausgriffen.^[114] Ähnliche Vernetzungsprozesse lassen sich für das vorindustrielle London mit den an der London Bridge installierten „Waterworks“ beschreiben, an die sich ein weitläufiges Netz aus Kanälen und Wasserreservoirs zur Versorgung der städtischen Bevölkerung anschloss; oder für die Metropole Wien, um die sich im 18. Jahrhundert ein „größtechnisches System“ der Holzversorgung entwickelte.^[115] Im Sinne einer Technik-Zeitgeschichte muss es also darum gehen, historische Brüche – sei es zwischen Vormoderne und Moderne, sei es zwischen klassischer Moderne und Postmoderne oder bei Periodisierungen innerhalb der Zeitgeschichte – in ihrer Reichweite zu hinterfragen; nicht, um zu zeigen, dass Innovationen historisch nicht wirkmächtig waren, sondern um die Relevanz und Tiefe dieser Umbrüche genauer bestimmen zu können.

Technikgeschichte global

In den vergangenen Jahren haben sich technikhistorische Arbeiten zunehmend globalen Betrachtungsweisen zugewendet, wenngleich die Technikgeschichte andere Weltregionen noch lange nicht so aktiv erkundet wie etwa die Wirtschafts- oder Umweltgeschichte. Transnationale Perspektiven spielen innerhalb der Disziplin allerdings seit Längerem eine Rolle. Sie verfolgen beispielsweise Prozesse des Wissens- und Techniktransfers zwischen einzelnen Industriestaaten.^[116]

In (post-)kolonialen Technikzusammenhängen orientierte sich die Forschung lange an Daniel Headricks Buch „Tools of Empire“, in dem er Anfang der 1980er-Jahre ein eurozentriertes Geschichtsbild vertrat: Technische Infrastrukturen seien als Mittel zur Ausbeutung und Unterwerfung nichteuropäischer Gesellschaften und Umwelten in andere Kulturräume transferiert worden.^[117] Jüngere Forschungen stellen die Übertragbarkeit westlicher Narrative in Frage und betonen, dass die ursprünglich aus Europa oder Nordamerika stammende Technik selten in eine Richtung – „From the West to the Rest“ – diffundiert und in kolonialen Räumen passiv entgegengenommen worden sei. Stattdessen hätten die Gesellschaften der nichtwestlichen Welt Techniken aktiv angeeignet oder eigene technische

Lösungen entwickelt, die keinesfalls immer dem europäischen Muster gefolgt seien oder den Vorstellungen imperialer Machthaber entsprochen hätten.^[118]

Die (post-)koloniale Technik- und Infrastrukturforschung steckt ein attraktives Forschungsfeld ab, das gleichwohl erst am Anfang steht. Dies hat einerseits forschungspragmatische Ursachen und hängt mit dem beschwerlichen Zugang zu lokalen Quellenbeständen ebenso zusammen wie mit der fortwährenden Dominanz westlicher Institutionen. Eine Ausnahme ist das von Mikael Hård initiierte Projekt einer Globalgeschichte der Technik, in dem Forschende unterschiedlicher Kontinente zusammenarbeiten.^[119] Andererseits liegt dies darin begründet, dass jüngere Forschungsansätze zunächst eigene Begriffe und Zugänge entwickeln müssen, um lokale Aneignungsprozesse und Deutungen von Technik in nicht-westlichen Regionen systematisch erforschen zu können.^[120] Lange hat die Technikgeschichte Konzepte zur Analyse von technischen Strukturen nämlich in erster Linie an westlichen Fallbeispielen erarbeitet. Jüngere Begriffe wie „creole technologies“ oder „pirate infrastructures“ werden analytisch dann wirksam, wenn technische Grundversorgungen wie Elektrizität, Kanalisation und Trinkwasserversorgung fehlten, scheiterten oder stillstanden. Lokale Gesellschaften waren dann dazu veranlasst, alternative – dezentrale – Techniklösungen zu entwickeln und über lange Zeiträume aufrechtzuerhalten.^[121]



Postkarte aus der deutschen Kolonie Tsingtau (heute Qingdao) in China, ca. 1914. Die Rikscha kann in Anschluss an David Edgerton als eine „creole technology“ gedeutet werden, die lokale Technikanpassung und Techniknutzung erschließen lassen. Hier macht die Bildunterschrift „Unsere ‚Taxameter‘“ deutlich, wie koloniale Machtverhältnisse in technische Alltagsnutzungen eingeschrieben waren. Quelle: Wikimedia Commons, Lizenz: public domain

Wie sich dieses Forschungsfeld angesichts der erwähnten methodischen Herausforderungen, einer schwierigen Quellsituation und allen praktischen Problemen globaler Zusammenarbeit entwickeln wird, lässt sich schwer prognostizieren. Unbestritten ist jedoch, dass sich die Technikgeschichte globalen Fragestellungen verstärkt stellen muss. Wenn die Geschichte „nomadischer“ werden müsse, wie es Monika Dommann fordert, dann kann auch die technikgeschichtliche Forschung ihren Teil dazu beitragen.^[122] Denn wie technische Dinge Herrschaftsansprüche symbolisieren und unterlaufen, wie sie durch die Gesellschaft wandern und dabei in den Händen unterschiedlicher Menschen anders benutzt, an andere Bedürfnisse angepasst oder entsorgt werden, dazu hat die Technikgeschichte ein Methodenrepertoire und Reflexionsniveau erreicht, das es in Richtung einer Globalgeschichte weiterzuentwickeln gilt.

Historisch-kritische Technikreflexion

Technikgeschichte wird vorrangig an Technischen Universitäten betrieben, was nicht nur für den Austausch mit den Natur- und Ingenieurwissenschaften Vorteile mit sich bringt.^[123] Dies fördert auch Kooperationen zu ebenfalls geisteswissenschaftlich geprägten Technikfächern wie der Technikphilosophie, der Techniksoziologie oder den Science and Technology Studies.^[124] Die einseitige institutionelle Verankerung hat aber auch zur Folge, dass sich andere Hochschulen für diesen Teilbereich der Geschichtswissenschaft oft weniger zuständig fühlen.^[125] Vor diesem Hintergrund muss sich die Technikgeschichte darum bemühen, einer „institutionellen Inselbildung“ entgegenzuwirken. Sie muss im Austausch mit anderen – und vor allem gegenwartsbezogenen – Fächern neue Fragen entwickeln.^[126] Zuletzt äußerten sich innerhalb des Fachs kritische Stimmen, die Technikhistorikerinnen und Technikhistorikern eine „gewisse Zufriedenheit“ mit ihren Instrumentarien attestierten und zur kritischen Reflexion ihrer Narrative und Konzepte ermunterten.^[127] Auch in Bereichen wie den Umweltwissenschaften oder der sozialwissenschaftlichen Technikfolgenabschätzung kamen Forderungen auf, die Technikgeschichte müsse ihre Forschungen in Beziehung zu politischen Entscheidungen stellen, ihre Fragestellungen nach den großen Herausforderungen der Gegenwart ausrichten, um auf diese Weise gesellschaftliche Kontroversen aktiv mitzugestalten.^[128]

Die Meinungen mögen auseinandergehen, wie sich die Technikgeschichte, die Zeitgeschichte sowie der geisteswissenschaftliche Fächerkanon solchen Ansprüchen gegenüber zu verhalten haben. Denn selbstverständlich gibt es

exzellente Arbeiten jenseits von Relevanzdebatten und -wünschen, und bei allen Drittmittelzwängen des Universitätsalltags bleibt die Freiheit der Forschung glücklicherweise grundrechtlich verbrieft. Das Potenzial der Technikgeschichte, historisch-kritisch über Technikentwicklungen zu reflektieren, wird für das Fach zukünftig aber wohl noch wichtiger werden. Technik als vielfältiger Gegenstand war prägendes Merkmal unserer Kultur und wird es auf absehbare Zeit bleiben. Das Wissen um die Ambivalenz technischer Entwicklungen, von ihrer gesellschaftlichen Bedingtheit und ihren ökologischen Konsequenzen bietet wichtige Ressourcen, Ingenieurinnen und Ingenieuren, Technikanwenderinnen und -anwendern eine historisch-kritische Selbstvergewisserung zu ermöglichen, die nicht geschichtsvergessen ist, sondern um die Zusammenhänge und Ambivalenzen von Technikentwicklung und Technikhandeln weiß.

Empfohlene Literatur zum Thema

Collins, Harry / Pinch, Trevor J., *Der Golem der Technologie. Wie die Wissenschaft unsere Wirklichkeit konstruiert*, Berlin 2000: Berlin-Verlag

Edgerton, David, *The Shock of the Old. Technology and Global History since 1900*, London 2006: Profile Books

Heßler, Martina, *Kulturgeschichte der Technik*, Frankfurt a.M., New York 2012: Campus-Verlag

Hård, Mikael / Jamison, Andrew, *Hubris and Hybrids. A Cultural History of Technology and Science*, New York 2005: Routledge

Krebs, Stefan / Schabacher, Gabriele / Weber, Heike, *Kulturen des Reparierens. Dinge - Wissen - Praktiken*, Bielefeld 2018: transcript

König, Wolfgang, *Technikgeschichte. Eine Einführung in ihre Konzepte und Forschungsergebnisse*, Stuttgart 2009: Steiner

Reuss, Martin / Cutcliffe, Stephen H. (Hrsg.), *The Illusory Boundary. Environment and Technology in History*, Charlottesville 2010: University of Virginia Press

Schot, Johan / Scranton, Philip, *Making Europe. Technology and Transformations, 1850 - 2000*, Basingstoke, Hampshire u.a. 2013: Palgrave Macmillan

Vleuten, Erik van der / Oldenziel, Ruth / Davids, Mila, *Engineering the Future, Understanding the Past. A Social History of Technology*, Amsterdam 2017: Amsterdam University Press

Zitation

Eike-Christian Heine, Christian Zumbrägel, *Technikgeschichte*, Version: 1.0, in: Docupedia-Zeitgeschichte, 20.12.2018, URL: http://docupedia.de/zg/Heine_zumbraegel_technikgeschichte_v1_de_2018?oldid=132049

Nutzungsbedingungen für diesen Artikel

Copyright (c) 2019 Clio-online e.V. und Autor, alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk entstand im Rahmen des Clio-online Projekts „Docupedia-Zeitgeschichte“ und darf vervielfältigt und veröffentlicht werden, sofern die Einwilligung der Rechteinhaber vorliegt. Bitte kontaktieren Sie: <redaktion@docupedia.de>

Anmerkungen

1. ↑ Vgl. Wolfgang König, Der Gelehrte und der Manager. Franz Reuleaux (1829-1905) und Alois Riedler (1850-1936) in Technik, Wissenschaft und Gesellschaft, Stuttgart 2014, S. 291; Tobias Sander, Die doppelte Defensive. Soziale Lage, Mentalitäten und Politik der Ingenieure in Deutschland 1890-1933, Wiesbaden ²2012; Wolfhard Weber/Lutz Engelskirchen, Streit um die Technikgeschichte in Deutschland 1945-1975, Münster 2000; Thomas Rohkrämer, Eine andere Moderne? Zivilisationskritik, Natur und Technik in Deutschland 1880-1933, Paderborn 1999, online unter https://digi20.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb00045999_00001.html; Burkhard Dietz/Michael Fessner/Helmut Maier (Hrsg.), Technische Intelligenz und „Kulturfaktor Technik“. Kulturvorstellungen von Technikern und Ingenieuren zwischen Kaiserreich und früher Bundesrepublik Deutschland, Münster 1996; Konrad H. Jarausch, The Unfree Professions. German Lawyers, Teachers, and Engineers, 1900-1950, New York/Oxford 1990.
2. ↑ Conrad Matschoß, Geschichte der Dampfmaschine. Ihre kulturelle Bedeutung, technische Entwicklung und ihre großen Männer, Berlin 1901, S. 1. Einen Überblick zur Person Matschoß‘ gibt: Martina Heßler, „Zusatzkapitel“. Ansätze und Methoden der Technikgeschichtsschreibung, in: dies., Kulturgeschichte der Technik, Frankfurt a.M. 2012, S. 4.
3. ↑ Reinhard Rürup/Karin Hausen (Hrsg.), Moderne Technikgeschichte, Köln/Berlin 1975.
4. ↑ Vgl. Trevor J. Pinch/Wiebe E. Bijker, The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other, in: Social Studies of Science 14 (1984), H. 3, S. 399-441. Siehe auch Trevor J. Pinch/Wiebe E. Bijker, Die soziale Konstruktion von Fakten und Artefakten, oder: Wie Wissenschafts- und Techniksoziologie voneinander profitieren können, in: Susanne Bauer/Torsten Heinemann/Thomas Lemke (Hrsg.), Science and Technology Studies. Klassische Positionen und aktuelle Perspektiven, Berlin 2017, S. 123-173, hier S. 159-163.
5. ↑ Vgl. Mikael Hård, Zur Kulturgeschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Eine internationale Literaturübersicht, in: Technikgeschichte 70 (2003), H. 1, S. 23-45.
6. ↑ Harry Collins/Trevor Pinch, Der Golem der Technologie. Wie unsere Wissenschaft die

Wirklichkeit konstruiert, Berlin 2000, S. 14.

7. ↑ Vgl. Ruth Schwartz Cowan, *The Consumption Junction. A Proposal for Research Strategies in the Sociology of Technology*, in: Wiebe E. Bijker/Thomas P. Hughes/Trevor Pinch (Hrsg.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, MA 1987, S. 261-280; Ruth Oldenziel, *Man the Maker, Woman the Consumer. The Consumption Junction Revisited*, in: Angela N.H. Creager/Elizabeth Lunbeck/Londa Schiebinger (Hrsg.), *Feminism in Twentieth-Century Science, Technology, and Medicine*, Chicago 2001, S. 128-148; Dorothea Schmidt/Karin Zachmann, *Der Ansatz der Geschlechtergeschichte in der Technikgeschichte oder: Warum die Technikgeschichte die Geschlechtergeschichte braucht*, in: *Blätter für Technikgeschichte* 57-58 (1995), S. 87-97.
8. ↑ Vgl. Nelly Oudshoorn/Trevor Pinch, *Introduction. How Users and Non-Users Matter*, in: dies. (Hrsg.), *How Users Matter. The Co-Construction of Users and Technologies*, Cambridge 2003, S. 1-25.
9. ↑ Matthias Heymann, *Konsolidierung, Aufbruch oder Niedergang? Ein Review-Essay zum Stand der Technikgeschichte*, in: *NTM* 21 (2013), H. 4, S. 403-427, hier S. 404, online unter: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00048-014-0110-z> (13.12.2018).
10. ↑ Vgl. Heßler, *Kulturgeschichte der Technik*, 2012. Siehe auch Christian Kleinschmidt, *Technik und Wirtschaft im 19. und 20. Jahrhundert*, München 2007; Carroll Pursell, *The Machine in America. A Social History of Technology*, Baltimore ²2007 (1. Aufl. 1995); Ulrich Wengenroth, *Technik der Moderne – Ein Vorschlag zu ihrem Verständnis. Version 1.0*, München 2015, online unter: <https://www.fggg.edu.tum.de/fileadmin/tueds01/www/Wengenroth-offen/TdM-gesamt-1.0.pdf> (26.11.2018).
11. ↑ Vgl. Joachim Radkau, *Technik in Deutschland. Vom 18. Jahrhundert bis heute*, Frankfurt a.M. 2008; Marcus Popplow, *Technik im Mittelalter*, München 2010; Karl Heinz Metz, *Ursprünge der Zukunft. Die Geschichte der Technik in der westlichen Zivilisation*, Paderborn u.a. 2006, online unter https://digi20.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb00044458_00001.html; Günter Bayerl, *Technik in Mittelalter und Früher Neuzeit*, Stuttgart 2013.
12. ↑ Vgl. Reinhold Reith, *Umweltgeschichte der Frühen Neuzeit*, München 2011; zur Technikgeschichte der Frühen Neuzeit vgl. Marcus Popplow, *Technik*, in: *Europäische Geschichte Online (EGO)*, Leibniz-Institut für Europäische Geschichte (IEG), 25.07.2016, online unter: <http://www.ieg-ego.eu/popplowm-2016-de> (26.11.2018).
13. ↑ Siehe dazu online unter <https://www.tensionsofeurope.eu/> (28.11.2018).
14. ↑ *Making Europe: Technology and Transformations, 1850-2000*, 6 Bde., siehe <https://www.makeeurope.eu> (26.11.2018); Wolfram Kaiser/Johan Schot, *Writing the Rules for Europe. Experts, Cartels, and International Organizations*, Basingstoke 2014; Martin Kohlrausch/Helmuth Trischler, *Building Europe on Expertise. Innovators, Organizers, Networkers*, Basingstoke 2014; Ruth Oldenziel/Mikael Hård, *Consumers, Tinkerers, Rebels*.

The People who Shaped Europe, Basingstoke 2013.

15. ↑ Vgl. David Edgerton, Innovation, Technology, or History. What is the Historiography of Technology About?, in: *Technology and Culture* 51 (2010), S. 680-697, hier S. 680-683.
16. ↑ Vgl. Helga Nowotny, Introduction: The Quest of Innovation and Cultures of Technology, in: dies. (Hrsg.), *Cultures of Technology and the Quest for Innovation* New York 2006, S. 1-26, hier S. 7-8.
17. ↑ Joseph Schumpeter, *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*, Berlin 1912.
18. ↑ Vgl. Ulrich Wengenroth, Vom Innovationssystem zur Innovationskultur. Perspektivwechsel in der Innovationsforschung, in: Johannes Abele/Gerhard Barkleit/Thomas Hänseroth (Hrsg.), *Innovationskulturen und Fortschrittserwartungen im geteilten Deutschland*, Köln 2001, S. 23-32; Thomas Hänseroth/Uwe Fraunholz, Transzendierungen von Wissenschaft und Technik im Systemwettstreit: Innovationskulturen im deutsch-deutschen Vergleich, in: dies. (Hrsg.), *Ungleiche Pfade? Innovationskulturen im deutsch-deutschen Vergleich*, Münster 2012, S. 9-26, hier S. 13f.
19. ↑ Vgl. Helmuth Trischler, Verteidigungsforschung und ziviles Innovationssystem in der Bundesrepublik Deutschland. Festkörperphysik in Freiburg, in: Christian Kleinschmidt/Raymond Stokes (Hrsg.), *Technikentwicklung zwischen Wirtschaft und Verwaltung in Großbritannien und Deutschland (19./20. Jh.)*, Baden-Baden 2008, S. 187-208; Helmut Maier, Expandierende Ressourcen und Innovationsschübe. Rüstungsforschung an Technischen Hochschulen 1933-1945, in: Michele Barricelli (Hrsg.), *Ideologie und Eigensinn. Die Technischen Hochschulen in der Zeit des Nationalsozialismus*, Göttingen 2017, S. 189-222.
20. ↑ Vgl. Helmuth Trischler/Kilian Steiner, Innovationsgeschichte als Gesellschaftsgeschichte. Wissenschaftlich konstruierte Nutzerbilder in der Automobilindustrie seit 1950, in: *Geschichte und Gesellschaft* 34 (2008), H. 4, S. 455-488, online unter: http://www.zeithistorische-forschungen.de/sites/default/files/medien/material/2017-3/Trischler_Steiner_2008.pdf (26.11.2018).
21. ↑ Vgl. Reinhold Bauer, *Gescheiterte Innovationen. Fehlschläge und technologischer Wandel*, Frankfurt a.M. 2006.
22. ↑ Vgl. Marcel Boldorf/Ralfs Ahrens: Einleitung. Systembedingte Innovationsschwäche und betriebliches Innovationsverhalten in der DDR, in: *Technikgeschichte* 79 (2012), H. 1, S. 3-10 sowie das gesamte Themenheft.
23. ↑ Vgl. Reinhold Bauer, *Pkw-Bau in der DDR. Zur Innovationsschwäche von Zentralverwaltungswirtschaften*, Frankfurt a.M. u.a. 1999, S. 310ff.
24. ↑ Vgl. die entsprechenden Bände der Reihe „Propyläen Technikgeschichte“: Akos Paulinyi/Ulrich Troitzsch. *Propyläen Technikgeschichte*, Bd. 3. Mechanisierung und Maschinisierung. 1600-1840, Berlin 1997; Wolfgang König/Wolfhard Weber, *Netzwerke, Stahl und Strom, 1840-1914*, Propyläen Technikgeschichte Bd. 4, Berlin 1990. Aus

- energiegeschichtlicher Perspektive nähert sich diesen Transformationsprozessen: Franz-Josef Brüggemeier, Grubengold. Das Zeitalter der Kohle von 1750 bis heute, Frankfurt a.M. 2018.
25. ↑ Vgl. Dorothea Schmidt, Einleitung. „Small is Beautiful“ – „Small is Awful“?, in: Reinhold Reith/dies. (Hrsg.), Kleine Betriebe – Angepasste Technologie? Hoffnungen, Erfahrungen und Ernüchterungen aus sozial- und technikhistorischer Sicht, Münster 2002, S. 9-15, hier S. 10.
26. ↑ Martina Heßler, Einleitung. Herausforderungen der Automatisierung: Forschungsperspektiven, in: Technikgeschichte 82 (2015), H. 2, S. 99-108, hier S. 100.
27. ↑ Vgl. David E. Nye, America's Assembly Line, Cambridge, MA 2013; Karsten Uhl, Humane Rationalisierung? Die Raumordnung der Fabrik im fordistischen Jahrhundert, Bielefeld 2014; Sonja Petersen, Vom „Schwachstarkastenkasten“ und seinen Fabrikanten. Wissensräume im Klavierbau 1830-1930, Münster 2011; Stefan Krebs, Memories of a Dying Industry. Sense and Identity in a British Paper Mill, in: The Senses and Society 12 (2017), H. 1, S. 35-52.
28. ↑ Vgl. Michael Schäfer, Eine andere Industrialisierung. Die Transformation der sächsischen Textilexportgewerbe. 1790-1890, Stuttgart 2016.
29. ↑ Vgl. Karsten Uhl, Maschinenstürmer gegen die Automatisierung? Der Vorwurf der Technikfeindlichkeit in den Arbeitskämpfen der Druckindustrie in den 1970er und 1980er Jahren und die Krise der Gewerkschaften, in: Technikgeschichte 82 (2015), H. 2, S. 157-179; Adelheid von Saldern/Rüdiger Hachtmann, „Gesellschaft am Fließband“. Fordistische Produktion und Herrschaftspraxis in Deutschland, in: Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History 6 (2009), H. 2, online unter: <http://www.zeithistorische-forschungen.de/2-2009/id=4509> <http://www.zeithistorische-forschungen.de/2-2009/id=4509> (26.11.2018).
30. ↑ Vgl. Sophie Gerber, Küche, Kühlschrank, Kilowatt. Zur Geschichte des privaten Energiekonsums in Deutschland, 1945-1990, Bielefeld 2014.
31. ↑ Vgl. Hendrik Ehrhardt/Thomas Kroll (Hrsg.), Energie in der modernen Gesellschaft. Zeithistorische Perspektiven, Göttingen 2012; Rüdiger Graf, Öl und Souveränität. Petroknowledge und Energiepolitik in den USA und Westeuropa in den 1970er-Jahren, München 2014; Frank Bösch/Rüdiger Graf (Hrsg.), The Energy Crises of the 1970s. Anticipations and Reactions in the Industrialized World, in: Historical Social Research 39 (2014), H. 4, online unter: <https://www.gesis.org/hsr/volltext-archiv/2014/394-energy-crises/> (26.11.2018). Die veränderte politische Großwetterlage seit den 1970er-Jahren trug auch dazu bei, den Umgang mit regenerativen Energiequellen in der Vergangenheit ins Bewusstsein von Wissenschaft und Öffentlichkeit zu rücken: Matthias Heymann, Die Geschichte der Windenergienutzung 1890-1990, Frankfurt a.M. 1995.
32. ↑ Vgl. Karin Zachmann, Past and Present Energy Societies. How Energy Connects Politics, Technologies and Cultures, in: Nina Möllers/Karin Zachmann (Hrsg.), Past and Present Energy Societies. How Energy Connects Politics, Technologies and Cultures, Bielefeld 2012, S. 7-45, online unter: <https://www.transcript-verlag.de/media/pdf/40/b9/28/oa9783839419649r9PZqE8Q1p66J.pdf> (13.12.2018).

33. ↑ Vgl. Heßler, Kulturgeschichte der Technik, S. 73; dies., „Mrs. Modern Woman.“ Zur Sozial- und Kulturgeschichte der Haushaltstechnisierung, Frankfurt a.M. 2001.
34. ↑ Vgl. Karin Hausen, Große Wäsche. Technischer Fortschritt und sozialer Wandel in Deutschland vom 18. bis ins 20. Jahrhundert, in: Geschichte und Gesellschaft 13 (1987), H. 3, S. 273-303; Ruth Schwartz Cowan, More Work for Mother. The Ironies of Household Technology from the Open Hearth to the Microwave, New York 1983.
35. ↑ Vgl. Maria Osietzki, Männertechnik und Frauenwelt. Technikgeschichte aus der Perspektive des Geschlechterverhältnisses, in: Technikgeschichte 59 (1992), H. 1, S. 45-51; Barbara Orland, Wäsche waschen. Technik- und Sozialgeschichte der häuslichen Wäschepflege, Reinbek b. Hamburg 1991; Wolfgang König, Volkswagen, Volksempfänger, Volksgemeinschaft, „Volkprodukte“ im Dritten Reich. Vom Scheitern einer nationalsozialistischen Konsumgesellschaft, Paderborn u.a. 2004; Tim Schanetzky, „Kanonen statt Butter“. Wirtschaft und Konsum im Dritten Reich, Bonn 2015.
36. ↑ Ruth Oldenziel/Karin Zachmann (Hrsg.), Kitchen as Technology and Politics. An Introduction, in: dies. (Hrsg.), Cold war Kitchen. Americanization, Technology, and European Users, Cambridge, MA 2009, S. 1-29; zur „Küchendebatte“ vgl. im gleichen Band: Cristina Carbone, Staging the Kitchen Debate. How Splitnik Got Normalized in the United States, S. 59-81.
37. ↑ Heike Weber, Das Versprechen mobiler Freiheit. Zur Kultur- und Technikgeschichte von Kofferradio, Walkman und Handy, Bielefeld 2008; Anne Sudrow, Der Schuh im Nationalsozialismus: eine Produktgeschichte im deutsch-britisch-amerikanischen Vergleich, Göttingen ²2010 (1. Auflage 2009), S. 798.
38. ↑ Wolfgang König, Kleine Geschichte der Konsumgesellschaft. Konsum als Lebensform der Moderne, Stuttgart 2008; vgl. zur Konsumgeschichte auch Arne Andersen, Der Traum vom guten Leben. Alltags- und Konsumgeschichte vom Wirtschaftswunder bis heute, Frankfurt a.M. 1997; Heinz-Gerhard Haupt/Claudius Torp (Hrsg.), Die Konsumgesellschaft in Deutschland 1890-1990: Ein Handbuch, Frankfurt a.M. 2009; Frank Trentmann, Empire of Things. How We Became a World of Consumers, from the Fifteenth Century to the Twenty-first, London 2016.
39. ↑ Kevin L. Borg, Auto Mechanics. Technology and Expertise in Twentieth-Century America, Baltimore 2007, S. 2; Reinhold Reith/Georg Stöger, Einleitung. Reparieren – oder die Lebensdauer der Gebrauchsgüter, in: Technikgeschichte 79 (2012), H. 3, S. 173-184, hier S. 174; Heike Weber, Zeitschichten des Technischen: Zum Momentum, „Alter(n)“ und Verschwinden von Technik, in: Martina Heßler/dies. (Hrsg.), Provokationen der Technikgeschichte. Zum Reflexionsdruck historischer Forschung, Paderborn 2019 (i.E.).
40. ↑ Vgl. David Edgerton, The Shock of the Old. Technology and Global History since 1900, London 2006, S. 78.
41. ↑ Vgl. Stefan Krebs, „Notschrei eines Automobilisten“ oder die Herausbildung des deutschen Kfz-Handwerks in der Zwischenkriegszeit, in: Technikgeschichte 79 (2012), H. 3, S. 185-206;

- Kurt Möser, Thesen zum Pflegen und Reparieren in den Automobilkulturen am Beispiel der DDR, in: *Technikgeschichte* 79 (2012), H. 3, S. 207-226, online unter: http://www.zeithistorische-forschungen.de/sites/default/files/medien/material/2016-3/Moeser_2012.pdf (26.11.2018); Christian Zumbrägel, von Mühlenärzten, Turbinenwärtern und Eiswachen. Instandhaltungen am Technikensemble Wasserkraftanlage um 1900, in: Stefan Krebs/Gabriele Schabacher/Heike Weber (Hrsg.), *Kulturen des Reparierens. Dinge – Wissen – Praktiken*, Bielefeld 2018, S. 165-196, online unter: <https://www.transcript-verlag.de/media/pdf/c9/79/71/oa9783839438602Cec9l38wu7NBS.pdf> (13.12.2018).
42. ↑ Vgl. Andrew L. Russell/Lee Vinsel, After Innovation, Turn to Maintenance, in: *Technology and Culture* 59 (2018), H. 1, S. 1-25; Stefan Krebs/Gabriele Schabacher/Heike Weber, Kulturen des Reparierens und die Lebensdauer der Dinge, in: dies. (Hrsg.), *Kulturen des Reparierens*, S. 9-48, hier S. 10f.
43. ↑ Vgl. Heike Weber, „Made to Break?“ Lebensdauer, Reparierbarkeit und Obsoleszenz in der Geschichte des Massenkonsums von Technik, in: Stefan Krebs/Gabriele Schabacher/Heike Weber (Hrsg.), *Kulturen des Reparierens. Dinge – Wissen – Praktiken*, Bielefeld 2018, S. 49-84; Roman Köster, *Hausmüll. Abfall und Gesellschaft in Westdeutschland 1945-1990*, Göttingen 2017; Martina Heßler, *Abfall als Denkobjekt. Eine Re-Lektüre von Michael Thompsons „Mülltheorie“ (1979)*, in: *Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History* 13 (2016), H. 3, online unter: <https://zeithistorische-forschungen.de/3-2016/id=5413> (26.11.2018).
44. ↑ Vgl. Heike Weber (Hrsg.), Themenheft: „Entschaffen“. Reste und das Ausrangieren, Zerlegen und Beseitigen des Gemachten, in: *Technikgeschichte* 81 (2014), H. 1.
45. ↑ Vgl. Ruth Oldenziel/Helmuth Trischler (Hrsg.), *Cycling and Recycling. Histories of Sustainable Practices*, New York u.a. 2015; Oldenziel/Hård, *Consumers, Tinkerers, Rebels.*, Kap. 7; Finn Arne Jørgensen, *Making a Green Machine. The Infrastructure of Beverage Container Recycling*, New Brunswick, NJ, 2011, Kap. 5.
46. ↑ Vgl. Anna-Maria Winkler, *Weiternutzen, Recyceln, Entsorgen. Der Umgang mit Altreifen in der Bundesrepublik Deutschland und in Österreich seit den 1960er Jahren*, in: *Technikgeschichte* 83 (2016), H. 3, S. 201-228; Wolfgang E. Höper, *Asbest in der Moderne. Industrielle Produktion, Verarbeitung, Verbot, Substitution und Entsorgung*, Münster/New York 2008.
47. ↑ Vgl. Simone Müller, Die Logik von Kolonialherren, in: *Einsichten. Das Forschungsmagazin* 2 (2017), S. 8-9, online unter: https://www.uni-muenchen.de/aktuelles/medien/einsichten/archiv/2017_02.pdf (26.11.2018) sowie die Homepage der Emmy Noether-Forscherinnen- und Forscher-Gruppe „Hazardous Travels. Ghost Acres and the Global Waste Economy“ <https://www.hazardoustravels.carsoncenter.uni-muenchen.de/index.html> (28.11.2018).
48. ↑ Melanie Arndt, *Umweltgeschichte, Version: 3.0*, in: *Docupedia-Zeitgeschichte*, 10.11.2015, http://docupedia.de/zg/arndt_umweltgeschichte_v3_de_2015 (26.11.2018); siehe auch Sara

- B. Pritchard, *Confluence: The Nature of Technology and the Remaking of the Rhone*, Cambridge, Mass. 2011; Thomas Zeller, *Aiming for Control, Haunted by its Failure. Towards an Envirotechnical Understanding of Infrastructures*, in: *Global Environment* 10 (2017), H. 1, S. 202-228.
49. ↑ Vgl. William Cronon, *Nature's Metropolis. Chicago and the Great West*, London/New York 1991.
50. ↑ Vgl. Sara B. Pritchard, *Toward an Environmental History of Technology*, in: Andrew C. Isenberg (Hg.), *The Oxford Handbook of Environmental History*, Oxford 2014, S. 227-258, hier S. 245.
51. ↑ Vgl. Richard White, *The Organic Machine: The Remaking of the Columbia River*, New York 1995.
52. ↑ Vgl. Uwe Lübken, *Undiszipliniert: Ein Forschungsbericht zur Umweltgeschichte*, in: *H-Soz-u-Kult*, 14.07.2010, online unter: <http://hsozkult.geschichte.hu-berlin.de/forum/2010-07-001> (26.11.2018).
53. ↑ Vgl. Eike-Christian Heine, *Two Canals, two Barrages and the Remnants of a River. Nature and Technology along the Eider, Schleswig-Holstein's Longest River*, in: *Environment and History* 23 (2017), H. 2, S. 253-283; Christian Zumbrägel, *„Viele Wenige machen ein Viel“. Eine Technik- und Umweltgeschichte der Kleinwasserkraft (1880-1930)*, Paderborn 2018.
54. ↑ Markus Krajewski, *Restlosigkeit. Weltprojekte um 1900*, Frankfurt a.M. 2006.
55. ↑ Vgl. Sabine Höhler, *Luftfahrtforschung und Luftfahrtmythos. Wissenschaftliche Ballonfahrt in Deutschland, 1880-1910*, Frankfurt a.M. 2001; Helmuth Trischler/Kai-Uwe Schrogl (Hrsg.), *Ein Jahrhundert im Flug. Luft- und Raumfahrtforschung in Deutschland 1907-2007*, Frankfurt a.M. 2007; Christian Kehrt, *Moderne Krieger. Die Technikerfahrten deutscher Militärpiloten 1910-1945*, Paderborn 2010; Katharina Hoffmann/Herbert Mehrrens/Silke Wenk (Hrsg.), *Myths, Gender and the Military Conquest of Air and Sea*, Oldenburg 2015; Dania Achermann, *Die Eroberung der Atmosphäre: Wetterbeeinflussung in Süddeutschland zur Zeit des Kalten Krieges*, in: *Technikgeschichte* 80 (2013), H. 3, S. 225-239.
56. ↑ Vgl. Alexander C.T. Geppert/Tilman Siebeneichner (Hrsg.), *Themenheft „Berliner Welträume im frühen 20. Jahrhundert“*, in: *Technikgeschichte* 84 (2018), H. 1; Daniel Brandau, *Raketenträume: Raumfahrt- und Technikenthusiasmus in Deutschland, 1923-1963*, Paderborn 2018 (i.E.).
57. ↑ Siehe jüngere Arbeiten zur Eroberung der Meere aus technikhistorischer Perspektive: Christian Kehrt/Franziska Torma (Hrsg.), *Themenheft: Lebensraum Meer. Umwelt- und entwicklungspolitische Ressourcenfragen in den 1960er und 1970er Jahren*, in: *Geschichte und Gesellschaft* 40 (2014), H. 3; Simone M. Müller, *Wiring the World. The Social and Cultural Creation of Global Telegraph Networks*, New York 2016; Ole Sparenberg, *Ressourcenverknappung, Eigentumsrechte und ökologische Folgewirkungen am Beispiel des Tiefseebergbaus, ca. 1965-1982*, in: Günther Schulz/Reinhold Reith (Hrsg.), *Wirtschaft und*

- Umwelt vom Spätmittelalter bis zur Gegenwart. Auf dem Weg zu Nachhaltigkeit?, Stuttgart 2015, S. 109-124; Jens Ruppenthal, Neue Nahrung aus der Tiefe: Fischereiforschung und die Technisierung unbekannter Zonen des Ozeans, in: Technikgeschichte 85 (2018), H. 2, 85-103.
58. ↑ Vgl. Martin P.M. Weiss, Vom Frontendenken des Kalten Kriegs zum Globalen Wandel: Das Forschungsschiff POLARSTERN, in: Technikgeschichte 85 (2018), H. 2, S. 105-128.
59. ↑ Vgl. Ronald E. Doel/Kristine C. Harper/Matthias Heymann (Hrsg.): Exploring Greenland. Cold War Science and Technology on Ice, New York 2016.
60. ↑ Vgl. Christian Kehrt, Gondwana's Promises. German Geologists in Antarctica between Basic Science and Resource Exploration in the Late 1970s, in: Historical Social Research 40 (2015), H. 2, S. 202-221; ders. Schatzkammer oder Weltnaturpark? Zur Antarktispolitik der Bundesrepublik Deutschland in den langen 1970er-Jahren, in: Themenportal Europäische Geschichte (2014), online unter: <https://www.europa.clio-online.de/essay/id/artikel-3780> (05.12.2018); Julia Herzberg/Christian Kehrt/Franziska Torma (Hg.), Ice and Snow in the Cold War. Histories of Extreme Climatic Environments, New York u.a. 2018.
61. ↑ Vgl. Frank Uekötter, Die Wahrheit ist auf dem Feld. Eine Wissensgeschichte der deutschen Landwirtschaft, Göttingen 2010. – Einen aktuellen Überblick zu technik- und wissenschaftshistorischen Forschungen zu Giftstoffen und Pestizideinsatz gibt: Claas Kirchhelle, Toxic Tales – Recent Histories of Pollution, Poisoning, and Pesticides (ca. 1800-2010), in: NTM 26 (2018), H. 2, S. 219-229.
62. ↑ Peter Engelke/John R. McNeill, Mensch und Umwelt im Zeitalter des Anthropozän, in: Akira Iriye (Hg.): Geschichte der Welt. 1945 bis heute. Die globalisierte Welt. Bonn 2014, S. 357-534.
63. ↑ Siehe auch Franz Mauelshagen, „Anthropozän“. Plädoyer für eine Klimageschichte des 19. und 20. Jahrhunderts, in: Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History 9 (2012), H. 1, online unter: <http://www.zeithistorische-forschungen.de/1-2012/id=4596> (26.11.2018).
64. ↑ Helmuth Trischler, The Anthropocene: A Challenge for the History of Science, Technology, and the Environment, in: NTM 24 (2016), H. 3, S. 309-335, online unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00048-016-0146-3> (13.12.2018).
65. ↑ Vgl. Sabine Höhler, Spaceship Earth in the Environmental Age. 1960-1990, London 2015.
66. ↑ Vgl. Dirk van Laak, Alles im Fluss. Die Lebensadern unserer Gesellschaft – Geschichte und Zukunft der Infrastruktur, Frankfurt a.M. 2018, S. 10-15.
67. ↑ Vgl. Eike-Christian Heine, Vom großen Graben. Die Geschichte des Nord-Ostsee-Kanals, Berlin 2015.
68. ↑ Vgl. Thomas P. Hughes, Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930, Baltimore 1983.
69. ↑ Vgl. zur Wirkungsgeschichte und Kritik an Hughes: Christian Zumbrägel, Dreißig Jahre danach: Thomas P. Hughes', *Networks of Power* als Leitkonzept der Stadt- und

Technikgeschichte, in: Informationen zur modernen Stadtgeschichte (2015), H. 1, S. 93-98.

70. ↑ Aktuell zu den Entwicklungen der westdeutschen Stromwirtschaft in den 1970er- und 1980er-Jahren: Hendrik Erhardt, Stromkonflikte. Selbstverständnis und strategisches Handeln der Stromwirtschaft zwischen Politik, Industrie, Umwelt und Öffentlichkeit (1970-1989), Stuttgart 2017; aktueller Überblick zum Thema Energie: Patrick Kupper u.a., On Power. Neue Literatur zur Energiegeschichte, in: NTM 25 (2017), H. 1, S. 143-158, online unter: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00048-016-0146-3.pdf> (13.12.2018).
71. ↑ Vgl. Popplow, Technik, Abschnitt 6.
72. ↑ Vgl. Dieter Schott, Die Vernetzung der Stadt. Kommunale Energiepolitik, öffentlicher Nahverkehr und die Produktion der modernen Stadt. Darmstadt – Mannheim – Mainz 1880-1918, Darmstadt 1995.
73. ↑ Vgl. Matthias Heymann, Märkte und Visionen. Die wechselvolle Geschichte der Erdgasverflüssigung, München 2005; Ingo Braun, Geflügelte Saurier. Zur intersystemischen Vernetzung großer technischer Systeme, in: Ingo Braun/Bernward Joerges (Hrsg.), Technik ohne Grenzen, Suhrkamp 1994, S. 446-500.
74. ↑ David E. Nye, When the Lights Went Out. A History of Blackouts in America, Cambridge, MA 2010, S. 12.
75. ↑ Krebs, Memories of a Dying Industry, S. 38; Uwe Fraunholz/Thomas Hänseroth (Hrsg.), Riskante Technik. Wahrnehmung und Regulierung in der Hochmoderne, Bielefeld 2019 (i.E.).
76. ↑ Vgl. Harry Collins/Trevor Pinch, Der Golem der Technologie. Wie unsere Wissenschaft die Wirklichkeit konstruiert, Berlin 2000. Zum Umgang mit der Challenger-Katastrophe 1986 vgl. Kap. 2; Mikael Hård/Andrew Jamison, Hubris and Hybrids. A Cultural History of Technology and Science, New York 2005.
77. ↑ Vgl. zu den Katastrophen: Heßler, Kulturgeschichte der Technik, Kap. 8.
78. ↑ Die Begrifflichkeit entlehnte Dirk van Laak der Entwicklungshilfe-Rhetorik. Dort werden Infrastrukturprojekte als „Weiße Elefanten“ bezeichnet, die allein schon wegen ihrer Größe zum Scheitern verurteilt sind; Dirk van Laak, Weiße Elefanten. Anspruch und Scheitern technischer Großprojekte im 20. Jahrhundert, Stuttgart 1999.
79. ↑ Vgl. Alexander Gall, Das Atlantropa-Projekt. Die Geschichte einer gescheiterten Vision. Herman Sörgel und die Absenkung des Mittelmeers, Frankfurt a.M. 1998.
80. ↑ Vgl. Jens Ivo Engels/Gerrit Jasper Schenk, Infrastrukturen der Macht – Macht der Infrastrukturen. Überlegungen zu einem Forschungsfeld, in: Birte Förster/Martin Bauch (Hrsg.), Wasserinfrastrukturen und Macht von der Antike bis zur Gegenwart, München 2014, S. 22-58.
81. ↑ Vgl. Klaus Gestwa, Die Stalinschen Großbauten des Kommunismus. Sowjetische Technik- und Umweltgeschichte, 1948-1967, München 2010; Arnošt Štanžel, Wasserträume und Wasserräume im Staatssozialismus. Ein umwelthistorischer Vergleich anhand der tschechoslowakischen und rumänischen Wasserwirtschaft 1948-1989, Göttingen 2017.
82. ↑ Vgl. Lino Camprubí, Engineers and the Making of the Francoist Regime, Cambridge, MA

2014; Erik Swyngedouw, *Liquid Power. Water and Contested Modernities in Spain, 1898-2010*, Cambridge, MA. 2015. Auch westlichen Demokratien waren solche Formen nicht unbekannt, vgl. Gabrielle Hecht, *The Radiance of France. Nuclear Power and National Identity after World War II*, Cambridge, MA 1998, S. 15.

83. ↑ Vgl. Ewald Blocher, *Der Wasserbau-Staat: Die Transformation des Nils und das moderne Ägypten 1882-1971*, Paderborn 2016; Valeska Huber: *Channelling Mobilities: Migration and Globalisation in the Suez Canal Region and Beyond, 1869-1914*, Cambridge, MA 2015; Benjamin Brendel, *Konvergente Konstruktionen. Eine Globalgeschichte des Staudammbaus*, Frankfurt a.M. 2019 (i.E.). Einen guten Überblick zu europäischen Infrastrukturbauten im 19. und 20. Jahrhundert liefern: Per Högselius/Arne Kaijser/Erik van der Vleuten, *Europe's Infrastructure Transition. Economy, War, Nature*, London 2016.
84. ↑ Den Begriff der „Hochmoderne“ als Instrument der Periodisierung hat Ulrich Herbert geprägt in Anlehnung an James C. Scott, *Seeing Like a State. How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*, New Haven u.a. 1998; vgl. Ulrich Herbert, *Europe in High Modernity. Reflections on a Theory of the 20th Century*, in: *Journal of Modern European History* 5 (2007), H. 1, S. 5-21; Uwe Fraunholz/Sylvia Wölfel (Hrsg.), *Ingenieure in der technokratischen Hochmoderne*, Münster 2012.
85. ↑ Noyan Dinçkal, *Istanbul und das Wasser. Zur Geschichte der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung von der Mitte des 1. Jahrhunderts bis 1966*, München 2004.
86. ↑ Vgl. Christoph Rauhut, *Die Praxis der Baustelle um 1900. Das Zürcher Stadthaus*, Zürich 2017; Eike-Christian Heine/Christoph Rauhut (Hrsg.), *Producing Non-Simultaneity. Construction Sites as Places of Progressiveness and Continuity*, London 2017.
87. ↑ Vgl. Richard F. Hirsh/Christopher F. Jones, *History's Contributions to Energy Research and Policy*, in: *Energy Research & Social Science* 3 (2014), S. 106-111, hier S. 109; van Laak, *Alles im Fluss*, S. 211-220.
88. ↑ Vgl. Sonja Petersen, „... anner Tanke“. Tankstellen – ein Forschungsüberblick, in: *Technikgeschichte* 83 (2016), S. 71-94; Christopher Neumaier, *Dieselaautos in Deutschland und den USA. Zum Verhältnis von Technologie, Konsum und Politik, 1949-2005*, Stuttgart 2010; Frank Steinbeck, *Das Motorrad. Ein deutscher Sonderweg in die automobilen Gesellschaft*, Stuttgart 2012.
89. ↑ Mit weiteren Hinweisen: Christopher Neumaier/Helmuth Trischler/Christopher Kopper, *Visionen – Räume – Konflikte. Mobilität und Umwelt im 20. und 21. Jahrhundert*, in: *Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History* 14 (2017), H. 3, online unter: <http://www.zeithistorische-forschungen.de/3-2017/id=5513> 2017 (26.11.2018).
90. ↑ Anne-Katrin Ebert, *Radelnde Nationen. Die Geschichte des Fahrrads in Deutschland und den Niederlanden bis 1940*, Frankfurt a.M. 2010, S. 56; Kurt Möser, *Fahren und Fliegen in Frieden und Krieg. Kulturen individueller Mobilitätsmaschinen 1880-1930*, Heidelberg 2009, S. 151ff.

91. ↑ Vgl. Anke Hertling, Eroberung der Männerdomäne Automobil. Die Selbstfahrerinnen Ruth Landshoff-Yorck, Erika Mann und Annemarie Schwarzenbach, Bielefeld 2013; Stefan Krebs u.a., Sound and Safe. A History of Listening Behind the Wheel, Oxford/New York 2014.
92. ↑ Vgl. Martina Heßler/Günter Riederer (Hrsg.), Autostädte im 20. Jahrhundert. Wachstums- und Schrumpfungsperspektiven in globaler Perspektive, Stuttgart 2014; Christoph Bernhardt, Längst beerdigt und doch quicklebendig. Zur widersprüchlichen Geschichte der „autogerechten Stadt“, in: Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History 14 (2017), H. 3, online unter: <http://www.zeithistorische-forschungen.de/3-2017/id=5527> 2017 (26.11.2018).
93. ↑ Vgl. Thomas Zeller, Straße, Bahn, Panorama. Verkehrswege und Landschaftsveränderung in Deutschland von 1930 bis 1990, Frankfurt a.M./New York 2002.
94. ↑ Vgl. Alexander Gall, „Gute Straßen bis ins kleinste Dorf!“ Verkehrspolitik in Bayern zwischen Wiederaufbau und Ölkrise, Frankfurt a.M. 2005.
95. ↑ Wolfgang Schivelbusch, Geschichte der Eisenbahnreise. Zur Industrialisierung von Raum und Zeit im 19. Jahrhundert, München 1977.
96. ↑ Vgl. Kurt Möser, Geschichte des Autos, Kapitel: Dampf, Benzin oder Elektrizität: Die Konkurrenz der Systeme, Frankfurt a.M. 2002.
97. ↑ Vgl. Kurt Möser, Historische Zukünfte des Verkehrs, in: Ralf Roth/Karl Schlögel (Hrsg.), Neue Wege in ein neues Europa. Geschichte und Verkehr im 20. Jahrhundert, Frankfurt a.M./New York 2009, S. 391-414, hier S. 391f.
98. ↑ David Gugerli, Wie die Welt in den Computer kam. Zur Entstehung digitaler Wirklichkeit, Frankfurt a. M. 2018, S. 7f.
99. ↑ Dabei stützt sich Gugerli auf eine Reihe neuerer Studien, die vielfältige kulturhistorische Fragestellungen an die Geschichte des Digitalen herangetragen haben. Hier nur eine kleine Auswahl: Julia Fleischhack, Eine Welt im Datenrausch. Computeranlagen und Datenmengen als gesellschaftliche Herausforderung in der Bundesrepublik Deutschland (1965-1975), Zürich 2016; Annette Schumann, Der Traum vom perfekten Unternehmen. Die Computerisierung der Arbeitswelt in der Bundesrepublik Deutschland (1950er bis 1980er-Jahre), in: Zeithistorische Forschungen 9 (2012), H. 2, S. 231-256, online unter: <http://www.zeithistorische-forschungen.de/2-2012/id=4697> (26.11.2018); David A. Mindell, Digital Apollo. Human and Machine in Spaceflight, Cambridge, MA 2008; Martin Campbell-Kelly, From Airline Reservation to Sonic the Hedgehog. A History of the Software Industry, Cambridge, MA 2004.
100. ↑ Martin Schmitt/Julia Erdogan/Thomas Kasper/Janina Funke, Digitalgeschichte Deutschlands. Ein Forschungsbericht, in: Technikgeschichte 83 (2016), S. 33-70.
101. ↑ Edgerton, Shock of the Old, S. 210. – Mit seinem Buch „Fortschrittsgeschichten“ stellte der Wissenschaftsjournalist Marcel Hänggi Edgerton eine ähnlich gelagerte Perspektive zur Seite, die den historischen Prozess als eine Überlagerung von Techniken unterschiedlicher Entwicklungsstufen deutet; vgl. Marcel Hänggi, Fortschrittsgeschichten. Für einen guten

Umgang mit Technik, Frankfurt a.M. 2015.

102. ↑ Kurt Möser, Fortdauer und Wiederkehr des Alten in der Technik, in: Andreas Böhn/Kurt Möser (Hrsg.), Techniknostalgie und Retrotechnologie, Karlsruhe 2010, S. 17-40, online unter: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000015575> (17.12.2018); Nicole Hesse, Windwerkerei. Praktiken der Windenergienutzung in der frühen deutschen Umweltbewegung, in: Technikgeschichte 83 (2016), H. 2, S. 125-150.
103. ↑ Vgl. Nathan Rosenberg, Factors Affecting the Diffusion of Technology, in: Explorations in Economic History 10 (1972), S. 3-33.
104. ↑ Vgl. Hans-Joachim Braun, Gas oder Elektrizität? Zur Konkurrenz zweier Beleuchtungssysteme, in: Technikgeschichte 47 (1980), S. 1-19.
105. ↑ Vgl. Zumbrägel, „Viele Wenige machen ein Viel“, S. 286f.
106. ↑ Vgl. Jesse Adams Stein, Masculinity and Material Culture in Technological Transition. From Letterpress to Offset Lithography, 1960s-1980s, in: Technology and Culture, 57 (2016), H. 1, S. 24-53, hier S. 33; Krebs, Memories of a Dying Industry.
107. ↑ Vgl. Alf Lüdtke, Die Ordnung der Fabrik. „Sozialdisziplinierung“ und Eigen-Sinn bei Fabrikarbeitern im späten 19. Jahrhundert, in: Rudolf Vierhaus u.a. (Hrsg.), Frühe Neuzeit – Frühe Moderne. Forschungen zur Vielschichtigkeit von Übergangsprozessen, Göttingen 1992, S. 206-232, S. 223f.
108. ↑ Karsten Uhl/Christian Zumbrägel, Einführung. Technik – Körper – Geschichte, in: Body Politics. Zeitschrift für Körpergeschichte 6 (2018), S. 5-13; Eike-Christian Heine, Die technisierten Körper der Erdarbeiter um 1900, in: Body Politics. Zeitschrift für Körpergeschichte 6 (2018), S. 229-258, beides: <http://bodypolitics.de/de/archiv/?ausgabe=20> (28.11.2018).
109. ↑ Vgl. Werner Sohn/Herbert Mehrrens, Normalität und Abweichung. Studien zur Theorie und Geschichte der Normalisierungsgesellschaft, Opladen 1999, online unter https://digi20.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb00050627_00001.html.
110. ↑ Vgl. Hård/Oldenziel, Consumers, Tinkerers, Rebels, Kap. 1.
111. ↑ Vgl. Ulrich Wengenroth/Matthias Heymann, Die Bedeutung von „tacit knowledge“ bei der Gestaltung von Technik, in: Ulrich Beck/Wolfgang Bonß (Hrsg.), Die Modernisierung der Moderne, Frankfurt a.M. 2001, S. 106-121.
112. ↑ Vgl. Hård/Misa, Urban Machinery; Schott, Vernetzte Stadt; Joel A.Tarr/Gabriel Dupuy (Hrsg.), Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America, Philadelphia 1988.
113. ↑ Vgl. Zeller, Aiming for Control, S. 215.
114. ↑ Vgl. Joachim Radkau, Vom Wald zum Floß – ein technisches System? Dynamik und Schwerfälligkeit der Flößerei in der Geschichte der Forst- und Holzwirtschaft, in: Hans-Walter Keweloh/Ursula Kahle (Hrsg.), Auf den Spuren der Flößer. Wirtschafts- und Sozialgeschichte eines Gewerbes, Stuttgart 1988, S. 16-39; Joachim Radkau, Technik in Deutschland. Vom 18. Jahrhundert bis heute, Frankfurt a.M. 2008, S. 125.

115. ↑ Vgl. Leslie Tomory, Water Technology in Eighteenth-Century London. The London Bridge Waterworks, in: Urban History 42 (2015), H. 3, S. 381-404; Christian Zumbrägel, Die vorindustriellen Holzströme Wiens. Ein sozionaturales großtechnisches System?, in: Technikgeschichte 81 (2014), H. 4, S. 335-362.
116. ↑ Vgl. Wolfgang König, Die technische und wirtschaftliche Stellung der deutschen und britischen Elektroindustrie zwischen 1880 und 1900, in: Technikgeschichte 54 (1987), H. 3, S. 221-229; Hans-Joachim Braun, Technologische Beziehungen zwischen England und Deutschland von der Mitte des 17. Jahrhunderts bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts, Düsseldorf 1974.
117. ↑ Daniel R. Headrick, The Tools of Empire. Technology and European Imperialism in the Nineteenth Century, New York 1981.
118. ↑ Vgl. Maria Paula Diogo/Dirk van Laak, Europeans Globalizing. Mapping, Exploiting, Exchanging, London 2016; Lukas Breitwieser, Die Geschichte des Tourismus in Namibia: Eine heterotopische Topologie der Technik, Frankfurt a.M. 2016.
119. ↑ Zum Projekt „A Global History of Technology“: <https://medien.gugw.tu-darmstadt.de/wp/global-hot/> (26.11.2018).
120. ↑ Vgl. Dagmar Schäfer/Marcus Popplow, Technik und Globalgeschichte: Globalisierung, Kulturvergleich und transnationaler Techniktransfer als Herausforderung für die Technikgeschichte [Einleitung], in: Technikgeschichte 80 (2013), H. 1, S. 3-11, hier S. 6f.; Jonas van der Straeten/Ute Hasenöhl, Connecting the Empire: New Research Perspectives on Infrastructures and the Environment in the (Post)Colonial World, in: NTM 24 (2016), H. 4, S. 355-391, hier S. 372-375, online unter: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00048-017-0162-y.pdf> (13.12.2018).
121. ↑ Vgl. Ute Hasenöhl, Globalgeschichten der Technik, in: Heßler/Weber (Hrsg.), Provokationen der Technikgeschichte. Zum Reflexionszwang historischer Forschung, Paderborn 2019 (i.E.). – Den Begriff „creole technologies“ prägte David Edgerton für Technologien, die in westlichen Industrieländern als veraltet gelten, in andere Kulturräume transferiert werden, wo sie – an die spezifischen gesellschaftlichen Verhältnisse angepasst – einer neuen Verwendung zugeführt werden. Beispiele sind die Nutzung von umgebauten LKW-Motoren für den Antrieb traditioneller Wasserfahrzeuge im Indischen Ozean oder der Verbau von Asbest und Wellblech in Favelas; vgl. David Edgerton, Creole Technology, in: Technosphere Magazine, 15. April 2017, online unter: <https://technosphere-magazine.hkw.de/p/Creole-Technologies-uCicrnivzPm4gxA99nyk26> (28.11.2018).
122. ↑ Monika Dommann, Alles fließt. Soll die Geschichte nomadischer werden?, in: Geschichte und Gesellschaft 42 (2016), H. 3, S. 516-534.
123. ↑ Jüngere technikhistorische Einführungswerke richten sich ausdrücklich an Studierende ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen: Wolfgang König, Technikgeschichte. Eine Einführung in ihre Konzepte und Forschungsergebnisse, Stuttgart 2009, S. 9, oder Erik van der

Vleuten/Ruth Oldenziel/Mila Davids, *Engineering the Future, Understanding the Past: A Social History of Technology*, Amsterdam 2017 (25.11.2018).

124. ↑ Die Fachgesellschaften von Technikgeschichte und -philosophie beginnen ab 2018 gemeinsame Jahres- und Themenhefte herauszubringen. Technikgeschichte kann hierzu z.B. begriffshistorische Klärungen zentraler philosophischer Begriffe beisteuern, vgl. Eike-Christian Heine (Hrsg.), Themenheft: Technik, Techniker, Verantwortung, in: *Technikgeschichte* 83 (2016) H. 4; Trevor J. Pinch/Wiebe E. Bijker, Die soziale Konstruktion von Fakten und Artefakten, oder: Wie Wissenschafts- und Techniksoziologie voneinander profitieren können, in: Susanne Bauer/Torsten Heinemann/Thomas Lemke (Hrsg.), *Science and Technology Studies. Klassische Positionen und aktuelle Perspektiven*, Berlin 2017, S. 123-173, hier S. 159-163.
125. ↑ Vgl. Radkau, *Technik in Deutschland*, S. 9.
126. ↑ Heymann, *Konsolidierung, Aufbruch oder Niedergang?*, S. 409 u. 422.
127. ↑ Vgl. Martina Heßler/Heike Weber, *Provokationen der Technikgeschichte*, in: dies. (Hrsg.), *Provokationen der Technikgeschichte. Zum Reflexionsdruck historischer Forschung*, Paderborn 2019 (i.E.).
128. ↑ Vgl. Johan Schot, *Confronting the Second Deep Transition Through the Historical Imagination*, in: *Technology and Culture* 57 (2016), S. 445-456; Peter Haff, *Humans and Technology in the Anthropocene. Six Rules*, in: *The Anthropocene Review* 1 (2014), H. 2, S. 126-136.