

Technikwenden im europäischen Mittelalter und der frühen Neuzeit?

VON MARCUS POPLOW

Überblick

Es ist hinlänglich bekannt, dass im europäischen Mittelalter und der frühen Neuzeit zahlreiche technische Innovationsprozesse realisiert wurden. Doch wie sinnvoll ist es, diese als ‚Technikwenden‘ zu bezeichnen? Und welche Kriterien müssten angelegt werden, um Parallelen zwischen gegenwärtigen ‚Technikwenden‘ und möglichen Vorläufern in vorindustriellen Epochen nachzuspüren? Der vorliegende Beitrag diskutiert insbesondere die methodischen Fragen, die mit derartigen Übertragungen dieses Begriffes in historische Epochen verbunden sind. Dabei wird deutlich, dass die Unschärfe des Begriffs ‚Technikwenden‘ in aktuellen Debatten es einerseits erschwert, den Begriff auf historische Epochen anzuwenden. Andererseits bieten sich damit auch Möglichkeiten, spezifische Interpretationsmöglichkeiten produktiv zu nutzen. So kann beispielsweise ein akteurszentriertes Verständnis von ‚Technikwenden‘, das nach den Protagonisten des aktiven Umsteuerns bezüglich bestimmter Technologien und ihren Motivationen fragt, der technikhistorischen Forschung zu Mittelalter und früher Neuzeit neue Impulse bieten. In umgekehrter Blickrichtung wiederum ist aufschlussreich, dass technische Wandlungsprozesse sich in diesen Epochen in völliger Abwesenheit gesellschaftlicher Debatten um Phänomene wie ‚Technikwenden‘ vollzogen. Daraus lässt sich die Frage ableiten, welchen Einfluss solche zwischenzeitlich allgegenwärtigen Technikdiskurse eigentlich de facto auf Technikproduktion und -nutzung in der Moderne haben.

Abstract

It is well known that many processes of technical innovation were realized in medieval and early modern Europe. But does it make sense to label them as ‘technological turning points’? And which criteria should be chosen to investigate parallels between ‘technological turning points’ today and their precursors in pre-industrial times? This paper first and foremost discusses methodological issues connected to the application of this concept to historical times. It argues that, on the one hand, the vagueness of this concept does not suggest its application to earlier epochs. On the other hand, this same vagueness offers possibilities to productively employ specific modes of interpretation. For example, an understanding of ‘technological turning points’ that focuses on historical actors and asks for the protagonists who actively shaped such

‘turns’ and their motivations, might offer new impulses to research in the history of medieval and early modern technology. At the same time, the fact that technological change in these epochs occurred in absence of societal debates on phenomena like ‘technological turning points’ raises the question which role this discursive level plays for the production and use of technology today.

Einleitung

Die Nutzung des Begriffs ‚Technikwenden‘ für Epochen wie das europäische Mittelalter und die frühe Neuzeit liegt nicht auf der Hand. Als verallgemeinernde Ableitung von Wortbildungen wie ‚Energiewende‘ oder ‚Mobilitätswende‘ handelt es sich schließlich um einen deutlich gegenwartsbezogenen Begriff. Verwendet wird er üblicherweise für das bewusst initiierte, möglichst rasche gesamtgesellschaftliche Umsteuern in Technologien, die für das Alltagsleben im frühen 21. Jahrhundert von zentraler Bedeutung sind. In diesem Sinne kann auch die Förderung etwa von Digitalisierungsprozessen als intendierte ‚Technikwende‘ verstanden werden. Staatlichen Organen und ihrer Lenkungs-funktion beim Um- und Aufbau grundlegender Infrastrukturen kommt für Prozesse wie die Energiewende, die Mobilitätswende oder die Digitalisierung eine herausgehobene Rolle zu. Jedoch sollen in demokratischen Gesellschaften möglichst viele gesellschaftliche Akteure in solche Prozesse mit einbezogen werden, weil die intendierte kurzfristige Umsetzung ökonomische Sicherheiten und kulturell tief verwurzelte Gewohnheiten bedroht.¹

Interessiert man sich für die historische Dimension solcher ‚Technikwenden‘, stellt sich die Frage, ob es ähnliche ‚Wenden‘ in früheren Zeiten gab, wer sie steuerte und wie sie im Einzelnen abliefen. Für Epochen wie das europäische Mittelalter und die frühe Neuzeit ergibt sich allerdings das Problem, dass sich die Karriere des Begriffs technikbezogener ‚Wenden‘ im gegenwärtigen Sprachgebrauch gerade seiner interpretativen Flexibilität und inhaltlichen Unbestimmtheit verdankt. Dies gilt offenbar nicht nur für das hier untersuchte Kompositum ‚Technikwende‘: Auch in der Debatte um die Eignung des Begriffes ‚Wende‘ als analytische Kategorie für das Ende der DDR wird die Unschärfe und Beliebigkeit des Begriffes beklagt.² Angesichts dieser Unschärfe könnte von vornherein bezweifelt werden, dass der Begriff ‚Technikwenden‘ für die Analyse technologischer Umbruchssituationen in historischen Epochen hilfreich sein kann. Für eine genauere Prüfung ist daher zunächst zu entscheiden, welche der möglichen Deutungen und Interpretationen des Begriffs ‚Technikwende‘ derartigen Überlegungen überhaupt zugrunde gelegt werden soll. Dieser Beitrag nimmt im Folgenden zwei unterschiedliche Perspektiven auf ‚Technikwenden‘ genauer in den Blick – eine artefaktzentrier-

1 Vgl. zur Begriffs- und Verwendungsgeschichte des ‚Wende‘-Begriffes die Einleitung zu diesem Band.

2 Vgl. z.B. Martin Sabrow, „1989“ als Erzählung, in: Aus Politik und Zeitgeschichte 69, 2019, H. 35–37, S. 25–33.

te und eine akteurszentrierte – und fragt nach ihrem möglichen Nutzen für die historische Interpretation. Die erste, artefaktzentrierte Perspektive fokussiert auf die Technik selbst und richtet die Aufmerksamkeit darauf, wie neue Technologien im Rahmen einer solchen Wende etablierte Technologien ablösen. Die zweite Perspektive legt den Schwerpunkt hingegen auf die Akteure und interessiert sich für ihre Rolle des Umsteuerns bei solchen Ablöseprozessen.

Hinsichtlich der ersten Interpretationsmöglichkeit, also dem Fokus auf ebenso weitreichende wie vergleichsweise kurzfristige Ablösungsprozesse alter durch neue Technologien, muss sich die ‚Technikwende‘ mit etablierten Konzepten wie ‚technischer Wandel‘, ‚Industrialisierung‘ oder ‚(Industrielle) Revolution‘ messen. Diese werden in der technik- und wirtschaftshistorischen Forschung seit Langem kontrovers diskutiert.³ Im ersten Teil des Beitrags wird argumentiert, dass ein in diesem Sinne verstandener Begriff ‚Technikwende‘ als analytische Kategorie keine erkennbaren Vorzüge aufweist, sondern eher hinter den Stand aktueller Debatten in der Technikgeschichte zurückfällt. Denn er legt ein Verständnis von ‚Technik‘ als quasi autonomer, unpersönlicher Agent der Geschichte nahe und verschleiert damit, dass Technik immer von Menschen mit bestimmten sozialen und kulturellen Motiven und Zielsetzungen eingesetzt wird. Dennoch wird sich zeigen, dass Überlegungen in diese Richtung der Forschung zumindest ein passant neue Impulse geben können, übergreifende Interpretationen technischer Entwicklungen in Mittelalter und früher Neuzeit überhaupt einmal wieder auf die Tagesordnung zu setzen. Im zweiten Teil des Beitrags wird demgegenüber die akteurszentrierte Perspektive auf den Begriff ‚Technikwenden‘ diskutiert. Dabei wird der Aspekt der ‚Wende‘ dementsprechend als intendiertes Umsteuern mit Blick auf die Entwicklung und den Einsatz konkreter Technologien verstanden, insbesondere von Seiten politischer und obrigkeitlicher Akteure. In diesem zweiten Sinn kann die Frage nach ‚Technikwenden‘ im europäischen Mittelalter und früher Neuzeit der Forschung demnach weit eher neue Perspektiven eröffnen. Auch wenn die Thesen dieses Beitrags in vieler Hinsicht ebenfalls für nicht-europäische Regionen gelten, wird im Folgenden nicht ausführlicher auf Entwicklungen speziell im Nahen, Mittleren und Fernen Osten eingegangen. Ein derartiger Vergleich würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen und bereits von vorneherein eine andere, nicht eurozentrische Epochenenteilung erfordern.⁴

Vorauszuschicken bleibt, dass es sich bei beiden skizzierten Interpretationsmöglichkeiten von ‚Technikwende‘ um einen anachronistischen Zugriff handelt, insofern in den europäischen Sprachen in Mittelalter und früher Neu-

3 Vgl. z.B. Wolfgang König, *Technikgeschichte. Eine Einführung in ihre Konzepte und Forschungsergebnisse*, Stuttgart 2009, S. 103–108.

4 Vgl. zur globalhistorischen Perspektive z.B. Dagmar Schäfer u. Marcus Popplow, *Technology and Innovation within Expanding Webs of Exchange*, in: Benjamin Z. Kedar u. Merry E. Wiesner-Hanks (Hg.), *Expanding Webs of Exchange and Conflict, 500 CE – 1500 CE*, (=The Cambridge World History, Vol. V), Cambridge 2015, S. 309–338.

zeit kein nur annähernd vergleichbarer Begriff existierte – nicht für ‚Technik‘ in der heute gängigen Bedeutung als Sammelbegriff für technische Artefakte und dementsprechend erst recht nicht für ‚Technikwende‘. Die Bedeutung von ‚Technik‘ als Oberbegriff für technische Artefakte jeglicher Art sollte in den europäischen Sprachen erst im 19. Jahrhundert geprägt werden, auch die weitgehend synonyme Verwendung von ‚Technologie‘ etablierte sich erst in diesem Zeitraum.⁵ Bis dahin dienten seit der Antike die griechischen und lateinischen Äquivalente (*techne* und *ars*) nur als Oberbegriffe für im heutigen Sinne ‚technische‘ Fertigkeiten und technisches Handeln. Für technische Artefakte gab es im Lateinischen andere Sammelbegriffe wie ‚machina‘, ‚ingenium‘ oder ‚instrumentum‘, die jedoch nicht in vergleichbarer Weise wie der moderne Technikbegriff Basis allgemeiner Diskurse über technische Artefakte wurden.⁶ Schon mangels übergreifendem Technikbegriff hätte in diesen Epochen schlecht über ‚Technikwenden‘ diskutiert werden können. Doch ohnehin kannten diese Epochen keine für demokratische Gesellschaften der jüngeren Gegenwart typische Debattenkultur um mögliche technische Zukünfte. Dem standen neben den begrifflichen auch die zeitgenössischen medialen und sozialen Rahmenbedingungen entgegen: Periodisch erscheinende Zeitschriften beispielsweise, in denen auch technische Neuerungen vorgestellt und propagiert wurden, kamen überhaupt erst im 18. Jahrhundert auf den Markt. Akteursgruppen mit Interesse an einer spezifischen Technologiepolitik wie privatwirtschaftlich organisierte Unternehmen im Maschinenbau oder ein standespolitisch organisiertes Ingenieurwesen sollten sich erst im Zuge der Industrialisierung des 19. Jahrhunderts formieren. Auf methodischer Ebene greift der vorliegende Beitrag mit derartigen Überlegungen zu begrifflichen Differenzen zwischen Gegenwartsdiskursen und Diskursen über Technik in Mittelalter und früher Neuzeit Grundfragen der Begriffsgeschichte, historischen Semantik und Diskursanalyse auf, die an dieser Stelle jedoch nicht weiter expliziert werden.

‚Technikwende‘ als artefaktzentrierte Perspektive auf Mittelalter und frühe Neuzeit

Versteht man ‚Technikwenden‘ aus der ersten der beiden oben skizzierten Perspektiven als Sammelbegriff für breitenwirksame technische Neuerungen, so sind Existenz und Vielfalt technischer Innovationen im europäischen Mittelalter und früher Neuzeit seit langem konsolidiertes Handbuchwissen.⁷

5 Vgl. Eric Schatzberg, *Technology. Critical History of a Concept*, Chicago u. London 2018.

6 Vgl. Marcus Popplow, *Diskurse über Technik in der Frühen Neuzeit*, in: Herbert Jaumann u. Gideon Stiening (Hg.), *Neue Diskurse der Gelehrtenkultur in der Frühen Neuzeit*. Ein Handbuch, Berlin 2016, S. 739–764.

7 Vgl. z.B. Karl-Heinz Ludwig u. Volker Schmidtchen, *Metalle und Macht 1000 bis 1600*, Berlin 1991 (=Propyläen Technikgeschichte 2); Ulrich Troitzsch, *Technischer Wandel in Staat und Gesellschaft zwischen 1600 und 1750*, in: ders. u. Akos Paulinyi, *Mechanisierung und Maschinisierung 1600 bis 1840*, Berlin 1991 (=Propyläen Technikgeschichte 3),

Selbst technikhistorische Laien können leicht nachvollziehen, dass der Stand der Technik am Vorabend der Industrialisierung um 1800 ein völlig anderer war als im Übergang von Antike zum Mittelalter, als zahlreiche Technologien und Infrastrukturen des Römischen Reiches zunächst in vielen zentraleuropäischen Regionen verloren gingen bzw. nur noch sehr eingeschränkt genutzt wurden. Beispiele für technische Innovationen im Mittelalter reichen von großen Steinschleudern im Belagerungskrieg über das Spinnrad, die Windmühle und die mechanische Räderuhr oder bautechnische Neuerungen beispielsweise im Kathedralenbau bis hin zu Schießpulver und Kanonen, Pumpwerken und neuen Schiffstypen. Die Technikgeschichte des europäischen Mittelalters hat somit längst das Vorurteil eines ‚dunklen‘ und damit technikfernen Mittelalters widerlegt. Vielmehr fanden in dieser Epoche zahlreiche technische Innovationen Verbreitung, viele davon aus dem Nahen und Fernen Osten importiert. Dieser Befund kulminierte in der schlagwortartigen These der Überblicksdarstellung von Jean Gimpel zur *Industriellen Revolution des Mittelalters* (1975). Gimpel skizzierte zwar überzeugend die zahlreichen technologischen Umbruchprozesse dieser Epoche, das titelgebende Label der „Industriellen Revolution“ konnte jedoch in der Folge der Kritik nicht stand halten – zu deutlich war in qualitativer und quantitativer Sicht die mangelnde Vergleichbarkeit technischer Innovationsprozesse des Mittelalters mit der Industriellen Revolution des 18. und 19. Jahrhunderts. In der Folge schlug die mittelalterliche Technikgeschichte bei übergreifenden Interpretationen vorsichtiger Töne an. Dieter Hägermann und Karl-Heinz Ludwig relativierten bereits 1990 die These radikaler Brüche der Technologieentwicklung im Verlauf von Mittelalter und früher Neuzeit. Zur Frage, inwiefern die klassische Einteilung des Mittelalters in Früh-, Hoch- und Spätmittelalter sowie im Anschluss der Übergang zur frühen Neuzeit mit technischen Umbrüchen einherging, konstatierten Hägermann und Ludwig kontinuierlichen Wandel anstelle einschneidender Epochenbrüche. Sie schlugen daher vor, eher von „Verdichtungsprozessen“ von Technik zu sprechen.⁸ Die Rede von ‚Technikwenden‘ im Mittelalter scheint aus dieser Perspektive daher kaum plausibel.

Für die frühe Neuzeit wurden seit jeher weniger spektakuläre Basisinnovationen identifiziert als für das Mittelalter. Natürlich gelten der modernen Forschung Leonardo da Vincis technische Reflexionen als markanter Kipppunkt zur Moderne, so begrenzt ihr zeitgenössisches Echo war. Ganz unabhängig von Leonardo machten darüber hinaus schon Autoren des 16. Jahrhunderts den Übergang zwischen Mittelalter und früher Neuzeit prägnant an drei technischen Entwicklungen fest: der Verbreitung des Buchdrucks mit beweg-

S. 11–267; Reinhold Reith u. Marcus Popplow, Wandel, technischer, in: Enzyklopädie der Neuzeit, Bd. 14, Stuttgart 2011, Sp. 594–614; Günter Bayerl, Technik in Mittelalter und früher Neuzeit, Stuttgart 2013; Marcus Popplow, Technik im Mittelalter, München 2020.

8 Vgl. Dieter Hägermann u. Karl-Heinz Ludwig, Verdichtungen von Technik als Periodisierungsindikatoren des Mittelalters, in: Technikgeschichte 57, 1990, S. 315–328.

lichen Lettern, der Nutzung des Kompasses in der Seefahrt und der Anlage neuartiger Festungssysteme als Reaktion auf die Verbreitung von Schießpulver und Kanonen.⁹ Buchdruck, Kompass und Schießpulver wurden so zu Ikonen des Aufbruchs in eine neue Epoche. Abgesehen davon konstatieren moderne Standardwerke zur frühneuzeitlichen Technikgeschichte jedoch wiederum primär allmählichen technischen Wandel und die schrittweise Diffusion von Technologien wie beispielsweise Transportinfrastrukturen sowie zahllose inkrementelle Innovationen vom Handwerk bis zur Ingenieurtechnik. Erst die von England ausgehende Industrialisierung mit der Etablierung neuer Kraft- und Arbeitsmaschinen und dem Übergang zur Nutzung fossiler Energiequellen wird demnach als markantere Epochenäsur gesehen. Doch selbst mit Blick auf diesen globalhistorischen Einschnitt hat sich die Forschung zwischenzeitlich von einer innovationsfixierten Perspektive gelöst. Auch längerfristige Transformationsprozesse bezüglich der verfügbaren Rohstoffe oder Absatz und Konsum der massenweise produzierten Waren werden seit Langem in das Gesamtbild des Industrialisierungsprozesses einbezogen. Thesen wie die der „industrious revolution“ setzen einen bewussten Kontrapunkt, indem sie den Fokus weniger auf die Produktion als auf die Nachfrage legen: Demnach suchten seit dem 17. Jahrhundert weniger wohlhabende Schichten durch eine Zunahme der Arbeitsleistung innerhalb des Familienverbandes neue Konsumwünsche zu realisieren und gaben damit der Industrialisierung zusätzliche Impulse.¹⁰

Auch wenn sich die erwähnten Innovationsprozesse insbesondere des Mittelalters durchaus als ‚Technikwenden‘ charakterisieren lassen mögen: Genau eine solche, auf vergleichsweise spektakuläre technische Artefakte fixierte Perspektive hat die technikhistorische Forschung eigentlich längst hinter sich gelassen, für die Industrialisierung ebenso wie für die Technikgeschichte des Mittelalters und der frühen Neuzeit. Der Einsatz von Technik in diesen Epochen wird demgegenüber zwischenzeitlich weit stärker vor dem Hintergrund sozialer, ökonomischer, politischer und kultureller Rahmenbedingungen analysiert. Für die spätmittelalterlichen mechanischen Räderuhren beispielsweise stehen nicht mehr nur Spekulationen um Ort, Kontext und Motivation der Erfindung sowie die Abfolge technischer Varianten im Zentrum des Interesses. Untersucht werden nun auch die Finanzierung durch spätmittelalterliche Stadtverwaltungen, Reparatur- und Wartung und insbesondere die

- 9 Vgl. Marcus Popplow, *Neu, nützlich und erfindungsreich. Die Idealisierung von Technik in der Frühen Neuzeit*, Münster u.a. 1998, S. 177–186; Sheila Y. Nayar, *Renaissance Responses to Technological Change*, Cham 2019.
- 10 Vgl. Jan De Vries, *The Industrious Revolution. Consumer Behavior and the Household Economy, 1650 to the Present*, Cambridge u.a. 2008. Zur Vielfalt von Perspektiven auf den Industrialisierungsprozess zuletzt z.B. Kristine Bruland, Anne Gerritsen, Pat Hudson u. Giorgio Riello (Hg.), *Reinventing the Economic History of Industrialisation*, Montreal u.a. 2020.

symbolische Bedeutung.¹¹ Zugleich sind durch das wachsende Interesse an der Mittelalterarchäologie Mikroinnovationen in ihrem jeweiligen räumlichen und kulturellen Kontext stärker in das Blickfeld gerückt, beispielsweise die häusliche Heiztechnik oder die Glasherstellung.¹² Prinzipiell haben Fragen des Techniktransfers und der Techniknutzung an Bedeutung gewonnen, zuletzt auch solche der lokalen oder regionalen Verfügbarkeit von materiellen und energetischen Ressourcen als zentrale Vorbedingung technischer Prozesse.

Pamela Long skizzierte 2010 in einem Überblicksartikel zum Jubiläum der amerikanischen *Society for the History of Technology* pointiert den Übergang zu solch differenzierteren Betrachtungsweisen der mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Technikgeschichte, beispielsweise durch die Hinwendung zu Alltagstechnologien oder zu einer umfassenden Analyse technischen Wissens. Zudem betonte sie die Notwendigkeit, europäisch-westliche Perspektiven stärker vor dem Hintergrund globalgeschichtlicher Ansätze zu kontextualisieren.¹³ Gerade für die arabischen und asiatischen Großreiche zu Zeiten des europäischen Mittelalters und der frühen Neuzeit wird zwischenzeitlich nachdrücklich in Frage gestellt, inwiefern das typisch westliche Narrativ großer Erfindungen überhaupt geeignet ist, die vielfältigen Transformationen materieller Kultur in – nach westlicher Periodisierung – vorindustriellen Epochen angemessen zu beschreiben und zu interpretieren.

Für diese neuen Perspektiven auf die mittelalterliche und frühneuzeitliche Technikgeschichte kann die in diesem Abschnitt diskutierte, artefaktzentrierte Bedeutungsvariante des Begriffs ‚Technikwenden‘ der Forschung kaum neue Impulse bieten. Aus drei Gründen würde dies vielmehr eher einen Rückfall in überkommene Positionen bedeuten: Erstens definieren sich die gängigen Begriffe ‚technische Revolution‘ einerseits und ‚technischer Wandel‘ andererseits vornehmlich durch das unterschiedliche Tempo der räumlichen Verbreitung und die Tiefe entsprechender Einschnitte durch technische Innovationen – ‚Revolution‘ markiert den eher abrupten Umbruch, ‚Wandel‘ den gemäßigten Prozess. Mit seiner Unschärfe bietet der Begriff ‚Technikwende‘ im Vergleich zu diesen beiden Begriffen kein zusätzliches Erkenntnispotenzial. Als möglicher Oberbegriff für Wandel in unterschiedlichen technischen Sektoren suggeriert ‚Technikwenden‘ zweitens eine Vergleichbarkeit, die bei einem genauen Blick auf soziotechnische Systeme, in denen Technologien eingesetzt und genutzt werden, wenig plausibel ist. Mit dieser Kategorie beispielsweise so unterschiedliche Technologien wie Einsatz und Nutzung

11 Vgl. Gerhard Dohrn-van Rossum, *Die Geschichte der Stunde. Uhren und moderne Zeitordnung*, München 1992.

12 Vgl. z.B. James Graham-Campbell u. Magdalena Valor (Hg.), *The Archaeology of Medieval Europe* (2 Bde.), Aarhus 2007; Barbara Scholkmann, *Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit*, Darmstadt 2016.

13 Vgl. Pamela O. Long, *The Craft of Premodern European History of Technology. Past and Future Practice*, in: *Technology & Culture* 51, 2010, S. 698–714.

neuer Schiffstypen im Spätmittelalter, die Ausdifferenzierung der Mühlen-technik oder neue Verfahrensweisen bei der Gewinnung von Edelmetallen im Bergbau über einen Kamm zu scheren, wird kaum zu einer differenzierten Betrachtungsweise beitragen. Versteht man das Kompositum ‚Technikwende‘ zudem, wie in diesem Abschnitt vorausgesetzt, so, dass die Aufmerksamkeit auf den neuen technischen Objektensembles liegt und weniger auf den Akteuren oder Akteursgruppen, die solche Objekte entwerfen, produzieren, in Umlauf bringen und nutzen, arbeitet die technikhistorische Forschung genau dieser depersonalisierenden Tendenz eigentlich seit Langem entgegen: Sie betont, dass technische Objekte und menschliches Handeln sich stets gegenseitig beeinflussen und dass technischer Wandel somit immer in komplexe soziale und kulturelle Kontexte eingebettet ist. Eine neuerliche Fixierung auf den raschen Wandel bestimmter Technologien reproduziert daher veraltete Akzentsetzungen einer artefaktzentrierten Technikgeschichte.

So erscheint der Begriff ‚Technikwenden‘ aus dieser ersten in diesem Beitrag untersuchten Perspektive für einen prägnanten Zugriff auf die mittelalterliche und frühneuzeitliche Technikgeschichte als wenig geeignet. Das Nachdenken darüber macht jedoch zumindest en passant auf ein ebenso wichtiges wie grundsätzliches Problem aufmerksam: Seit sich die Technikgeschichte des Mittelalters und der frühen Neuzeit wie geschildert stark ausdifferenziert hat, hat sie sich nicht nur von vereinfachenden, artefaktzentrierten *master narratives* verabschiedet, sondern stillschweigend gleich von jeder Art übergreifender Interpretation. Ansätze, die aus der Vogelschauperspektive Ergebnisse der Forschungen der letzten 30 Jahre synthetisieren, fehlen. Gerade für Außenstehende liegen damit nur solche übergreifenden Deutungsangebote der Technikgeschichte dieser Epochen vor, die auf dem veralteten, innovationsfixierten Forschungsstand beruhen. Paradoxerweise haben die neueren methodischen Entwicklungen der Technikgeschichte damit, überspitzt gesagt, für das Mittelalter und die frühe Neuzeit zu einem Rückzug in den Elfenbeinturm geführt, der sicher nie als solcher intendiert war.

Das aus diesem Rückzug resultierende Problem ist exemplarisch am Verlauf der Debatte um mögliche Ursachen für die britisch-europäischen Wurzeln der Industrialisierung im globalen Vergleich ablesbar. In der internationalen Forschung wird diese Debatte seit den 1990er Jahren unter Schlagwörtern wie ‚Why Europe?‘ oder ‚great divergence‘ geführt, letzteres im Sinne einer durch die Industrialisierung zunehmenden Kluft zwischen europäischen und asiatischen Regionen. Auch wenn in dieser Debatte alle möglichen Faktoren von Familienstrukturen über Umweltbedingungen bis zu politischen Systemen diskutiert werden, kreist sie um einen technikhistorischen Kern: den Einsatz neuartiger Kraft- und Arbeitsmaschinen im Zusammenspiel mit dem allmählichen Übergang zu fossilen Energieträgern als zentralen Elementen des Industrialisierungsprozesses. Eigentlich müsste daher der Technikgeschichte zu Zeiten des europäischen Mittelalters und der frühen Neuzeit im globalen

Vergleich besondere Aufmerksamkeit gelten, weil nur aus dieser heraus der Weg in die Industrialisierung erklärt werden kann. Der Faktor ‚Technik‘ wird jedoch in dieser Debatte vornehmlich in Form schematischer Vergleiche der Leistungsfähigkeit und Komplexität technischer Artefakte in verschiedenen Weltregionen thematisiert. Während ausgewiesene Expert*innen der Technikgeschichte sich – aus unklaren Gründen – nicht an der Debatte um die ‚great divergence‘ beteiligen, fokussieren die tonangebenden Vertreter*innen der Wirtschafts-, Sozial- und der Allgemeinen Geschichte mangels neuerer Interpretationsangebote auf Forschungsperspektiven der älteren Technikgeschichte und gelangen somit nicht zu einer differenzierten Kontextualisierung technikhistorischer Entwicklungen.¹⁴

So verdeutlicht die Frage nach ‚Technikwenden‘ in Mittelalter und früher Neuzeit schlaglichtartig, wenn auch eher zufällig und unabhängig vom Begriff ‚Technikwenden‘ selbst, dass es an der Zeit wäre, auf der Basis des zwischenzeitlich differenzierten Bildes mittelalterlicher und frühneuzeitlicher Technologien erneut übergreifende Interpretationen zu diskutieren. Nur so ließe sich die Unklarheit beseitigen, mit welchen Narrativen eigentlich die Technikgeschichte dieser Epochen unter Einbeziehung der Forschungsergebnisse der letzten gut drei Jahrzehnte zu erzählen wäre.

‚Technikwende‘ als akteurszentrierte Perspektive auf technischen Wandel

Die einleitend betonte, interpretative Offenheit des Begriffes ‚Technikwende‘ eröffnet jedoch noch einen zweiten, ganz anderen Denkpfad als die im vorangehenden Abschnitt skizzierten Überlegungen. Zwar von begrenzter Reichweite, könnte er dennoch produktivere Resultate erbringen. Ausgangspunkt dafür ist die Möglichkeit, ‚Technikwenden‘ nicht mit Blick auf den Bestandteil ‚Technik‘ als artefaktzentrierten Begriff zu definieren, sondern ihm fast im Gegenteil eine akteurszentrierte Assoziation zuzuschreiben. Betont würde dann der Aspekt der ‚Wende‘ als aktives Umsteuern bei Entwicklung und Einsatz spezifischer Technologien, insbesondere von Seiten politischer und ökonomischer Entscheidungsträger.

Selbstverständlich wurden und werden technische Prozesse immer durch aktives Handeln klar identifizierbarer Akteure veranlasst. Beim historischen Erzählen, wie auch in Gegenwartsdiskursen, wird diesem Umstand jedoch

14 Vgl. die Forschungsüberblicke Peter Kramper, Warum Europa? Konturen einer globalgeschichtlichen Forschungskontroverse, in: Neue Politische Literatur 54, 2009, S. 9–46; Marcus Popplow, Technik als Faktor des Europäischen Sonderwegs in die Industrialisierung. Neuere Publikationen zu einer offenen Frage, in: NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin 20, 2012, S. 133–144; Prasanna Parthasarathi u. Kenneth Pomeranz, The Great Divergence Debate, in: Thirankar Roy u. Giorgio Riello (Hg.), Global Economic History, London u.a. 2019, S. 19–37; Karel Davids, Toolkits, Creativity, and Divergences. Technology in Global History, in: ebd., S. 67–82; Peer Vries u. Annelieke H. Vries, Atlas of Material Life. Northwestern Europe and East Asia, 15th to 19th Century, Leiden 2021.

häufig wenig Raum gegeben. Damit wird eine scheinbare Zwangsläufigkeit technischer Prozesse suggeriert, vor der auch Fragen individueller und kollektiver Verantwortung in den Hintergrund treten. Um dem entgegenzuwirken, sind zwei Schritte auf unterschiedlichen Ebenen erforderlich, die an dieser Stelle mit Blick auf Mittelalter und frühe Neuzeit kurz programmatisch skizziert werden: Erstens die Identifikation der für technischen Wandel relevanten Akteure und Akteursgruppen und zweitens die Frage nach deren jeweiligen Motivationen.

Die erste Frage nach den Urhebern technischer Innovationen in Mittelalter und früher Neuzeit ist auf den ersten Blick alles andere als neu: Vielmehr lag ein wesentliches Erkenntnisinteresse gerade der älteren Technikgeschichte genau in der Identifikation herausragender Erfinderfiguren. Allerdings beschränkte sich die Aufmerksamkeit vielfach auf diese Ebene singulärer Persönlichkeiten. Welche Akteursgruppen darüber hinaus die Vielzahl von Entscheidungen trafen, aufgrund derer neue Artefakte, Verfahrensweisen und Produkte schließlich regional und überregional so häufig produziert bzw. genutzt wurden, dass letztlich von Innovationsprozessen im Sinne von ‚Technikwenden‘ gesprochen werden kann, ist eher aus wirtschafts- oder sozialhistorischen Arbeiten zu erschließen. Drei Akteursgruppen sind dabei von besonderem Interesse: *erstens* Handwerker und andere technische Experten im Klein- oder Großgewerbe wie Baustellen oder dem Bergbau, *zweitens* Unternehmer wie Zünfte und Kaufleute, große Handelshäuser oder überregional agierende Handelsverbünde wie die Hanse, im Zuge der Kolonialisierung schließlich auch die großen britischen oder niederländischen Handelskompanien und *drittens* obrigkeitliche Entscheidungsträger wie städtische Räte oder Landesherren. Interdisziplinär vergleichend mit einer kohärenten Methodik untersucht wurden derartige Akteurskonstellationen mit Blick auf ‚Technikwenden‘ in vorindustriellen Epochen bislang nicht. Welches Gewicht in solchen Prozessen als Impulsgeber technischen Experten, ökonomischen und politischen Akteuren sowie im zivilen Sektor der Nachfrage von Seiten der Nutzer zukam, ist daher nicht dezidiert analysiert worden.

Ein solcher Ansatz ist natürlich mit dem Problem konfrontiert, dass gerade mittelalterliche Quellenbestände häufig keine klare Identifikation von Akteuren und Akteursgruppen in technischen Innovationsprozessen erlauben, geschweige denn Auskunft über deren individuelle oder kollektive Motivationen geben. Detailliertere Einblicke ermöglicht vielfach erst die Zunahme des Verwaltungsschrifttums seit dem 15. Jahrhundert. Allerdings könnte schon eine Neulektüre bereits bekannter Quellen sowie insbesondere wirtschafts- und sozialhistorischer Forschungsarbeiten, die vor dem Hintergrund anderer Forschungsfragen entstanden sind, Aufschlüsse über für ‚Technikwenden‘ maßgebliche Akteure erbringen. Damit böte sich nicht zuletzt eine Gelegenheit, die weithin abgerissenen Fäden zwischen der Technikgeschichte und diesen Nachbardisziplinen wieder aufzunehmen.

Um mögliche allgemeine Muster mittelalterlicher und frühneuzeitlicher ‚Technikwenden‘ zu erkennen, müssten im Zuge dessen Vergleiche zwischen den untersuchten Technologien danach fragen, ob beispielsweise Investitionen in neuartige Bergbautechnik ähnliche Akteurskonstellationen zugrunde lagen wie solchen in neue Schiffstypen, in die Gründung von Buchdruckerwerkstätten, in neue Strategien der kolonialen Ressourcenbeschaffung oder in neue Anbaupraktiken in der Landwirtschaft. Andererseits wäre die Umsetzung von ‚Technikwenden‘ dieser Art räumlich zu vergleichen, in regionaler und europäischer wie auch in globalhistorischer Perspektive. Interessante Vergleichsmöglichkeiten für obrigkeitliches Handeln bieten dabei eurasische Großreiche wie das China der Song- und Ming-Dynastie.¹⁵ Schließlich wäre von entscheidender Bedeutung, ob sich Maßnahmen zur Förderung von ‚Technikwenden‘ in diesem Sinne strukturell überhaupt, und wenn ja, in welcher Hinsicht, von anderen wirtschaftspolitischen Maßnahmen wie beispielsweise der Förderung von Produktinnovationen unterschieden.¹⁶

Mit Blick auf die obrigkeitliche Ebene ist in diesem Zusammenhang in Rechnung zu stellen, dass technischer Wandel in der Vormoderne noch in einem völlig anderen Rahmen von Staatlichkeit erfolgte. Mit der schrittweisen Konsolidierung der Territorialherrschaften seit dem Hochmittelalter verdichteten sich zunächst in der städtischen Selbstverwaltung Aktivitäten der Gewerbeförderung: Eines der vielen Steuerungselemente war die Ausgabe von Privilegien für spezialisierte Handwerker, ab dem ausgehenden 15. Jahrhundert auch für vielversprechende ingenieurtechnische Innovationen.¹⁷ Im Verlauf der frühen Neuzeit verdichteten sich administrative Strukturen und Ansätze der Obrigkeiten, Expertise zur Förderung von Landwirtschaft und Gewerbe systematischer in das Verwaltungswissen zu integrieren.¹⁸ Auf dieser Basis verstärkten sich im 19. Jahrhundert obrigkeitliche und privatwirtschaftliche Initiativen zur dezidierten Förderung bestimmter Technologien. Durch die Entstehung eines privatwirtschaftlichen Sektors gerade im Maschinenbau, durch die Konsolidierung ingenieurtechnischer Expertise in Standesvereinigungen und durch neue administrative Strukturen in der staatlichen Verwaltung

15 Vgl. Dagmar Schäfer, *Power and Silk. The Central State and Localities in State-Owned Manufacture During the Ming Reign (1368–1644)*, in: dies., Giorgio Riello u. Luca Molà (Hg.), *Threads of Global Desire. Silk in the Pre-Modern World*, Woodbridge 2018, S. 21–48.

16 Vgl. Reinhold Reith, *Produktinnovationen*, in: *Enzyklopädie der Neuzeit*, Bd. 10, Stuttgart u. Weimar 2009, Sp. 407–412.

17 Vgl. Stephan R. Epstein u. Maarten Prak, *Guilds, Innovation, and the European Economy*, Cambridge u. New York 2008; Carlo Belfanti, *Guilds, Patents, and the Circulation of Technical Knowledge*, in: *Technology and Culture* 45, 2004, S. 569–589.

18 Vgl. Eric H. Ash (Hg.), *Expertise. Practical Knowledge and the Early Modern State (=Osiris, 25)*, Chicago 2010; Lothar Schilling u. Jakob Vogel, *State-Related Knowledge. Conceptual Reflections on the Rise of the Modern State*, in: dies. (Hg.), *Transnational Cultures of Expertise. Circulating State-Related Knowledge in the 18th and 19th Centuries*, Berlin u. Boston 2019, S. 1–17.

bildete sich ein institutioneller Rahmen für die dezidierte Förderung neuer Technologien heraus. Die sich konsolidierenden Nationalstaaten suchten die Industrialisierung in bestimmten Technologiesektoren nun aktiv zu steuern: Gerade auf dem europäischen Kontinent galt es auf politischer Ebene als dringendes Anliegen, den Rückstand gegenüber der britischen Vorreiterrolle aufzuholen. Entsprechende Initiativen umfassten unterschiedliche Instrumente zur Gewerbeförderung, die Anpassung von Zöllen und Abgaben, neue rechtliche Rahmenbedingungen bezüglich von Standardisierung und Sicherheit oder auch den Aufbau von Institutionen höherer technischer Bildung. In den wirtschaftshistorischen Erklärungsmodellen der europäischen Industrialisierung wird dieses Faktorenbündel auch als „institutionelle Revolution“ bezeichnet.¹⁹

Im Vergleich zu diesen späteren Kontexten erfolgten Entscheidungen zur Realisierung technischer Innovationen im mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Gewerbe primär im Rahmen ökonomischen Alltagshandelns. Dabei waren Obrigkeiten auch in Abwesenheit einer dezidierten Technologiepolitik selbstverständlich schon allein aufgrund ihrer finanziellen Möglichkeiten Treiber von Innovationsprozessen. Dies gilt speziell hinsichtlich von Investitionen in neue Militärtechnik, zuweilen aber auch im zivilen Bereich – so lässt sich die rasche Verbreitung kommunaler Schlaguhren in den europäischen Kernregionen im 14. und 15. Jahrhundert überzeugend mit Investitionsentscheidungen aufgrund deren Attraktivität auf symbolischer Ebene erklären.²⁰ Wenn in diesen Epochen der Einsatz neuer Technologien als inhärenter Teil ökonomischer Prozesse nicht mittels spezifischer Technikdebatten im modernen Sinn öffentlich reflektiert wurde, waren daraus resultierende ‚Technikwenden‘ dennoch kein Zufall, sondern die Summe bewusst intendierter Entscheidungen. Sie vollzogen sich jedoch in Abwesenheit einer dezidierten oder gar institutionalisierten Technologiepolitik, wie sie später, beispielsweise beim Eisenbahnbau im 19. Jahrhundert, unter den Akteuren oder in einer medialen Öffentlichkeit verhandelt werden sollte.

Im Anschluss an eine solche Identifikation relevanter Akteure und Akteursgruppen könnte eine akteurszentrierte Analyse mittelalterlicher und frühneuzeitlicher ‚Technikwenden‘ in einem zweiten Schritt nach individuellen und kollektiven Intentionen bei Einsatz und Nutzung neuer Technologien fragen. Eine solche Spurensuche nach Motivationen technischer, politischer und ökonomischer Akteure in Mittelalter und früher Neuzeit für Investitionen in technische Innovationen ist methodisch anspruchsvoll. Zeitgenössische Quellen enthalten kaum dezidierte Hinweise, im Rahmen welchen Wertekanons solche Entscheidungen eigentlich getroffen wurden. In der Forschungsliteratur stehen ökonomische Erklärungsmodelle wie das preisliche Unterbieten der Konkurrenz oder persönliches Gewinnstreben weitgehend unverbunden

19 Vgl. z.B. Clemens Wischermann u. Anne Nieberding, *Die institutionelle Revolution. Eine Einführung in die Wirtschaftsgeschichte des 19. und frühen 20. Jahrhunderts*, Stuttgart 2004.

20 Vgl. Dohrn-van Rossum (wie Anm. 11).

neben kulturellen Erklärungsmodellen wie Wagemut, Fortschrittsglaube, die Faszination des Neuen oder das Ziel der Förderung des Allgemeinwohls – und weder für das eine, noch für das andere liegen in der Regel eindeutig zu interpretierende Quellenbelege vor.

Auf sprachlicher Ebene waren die Begrifflichkeiten im Umfeld solcher Entscheidungen in Mittelalter und früher Neuzeit unspezifisch und zielten nicht im Sinne von ‚Technikwenden‘ auf technische Artefakte als solche ab. Gewerbepolitische Maßnahmen beispielsweise wurden mit Begriffen wie der Förderung des ‚gemeinen Nutzens‘, der Sicherung der ‚guten Nahrung‘ oder seit dem 18. Jahrhundert der Hebung der ‚allgemeinen Glückseligkeit‘ begründet. Erst in der gedruckten technischen Literatur der frühen Neuzeit und insbesondere in neuen Medien wie den ökonomischen Themen gewidmeten Zeitschriften des 18. Jahrhunderts wurde der Einsatz bestimmter Technologien dezidiert propagiert – gewissermaßen im Sinne intendierter ‚Technikwenden‘ *avant la lettre*. Mit der ‚Ökonomischen Aufklärung‘ formierte sich im 18. Jahrhundert zugleich europaweit eine ebenso obrigkeitnahe wie praxisorientierte Bewegung, die technische Verfahrensweisen in allen Gewerben, den Infrastrukturausbau und insbesondere den verstärkten Zugriff auf agrarische und mineralische Rohstoffe propagierte und enge Bezüge zu zeitgenössischen Wirtschaftstheorien wie dem Kameralismus aufwies.²¹ Hier wurde in einem sehr breiten, keineswegs nur auf neue technische Artefakte abzielenden Sinne für technische Innovationen geworben. Im Zuge dessen wurde in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts im Übrigen im Deutschen der neue Begriff ‚Technologie‘ geprägt – im Sinne der Systematisierung gewerblichen Wissens unter obrigkeitlicher Regie. Über die konkreten Motivationen, in Entscheidungssituationen tatsächlich in solche Innovationen zu investieren, ermöglichen Quellenbestände wie das Schrifttum der ‚Ökonomischen Aufklärung‘ jedoch höchstens am Rande Aufschlüsse.

‚Technikwenden‘ waren demnach in Mittelalter und früher Neuzeit in Strukturen der Gewerbeförderung eingebettet und wurden kaum explizit als solche öffentlich verhandelt. Die individuellen und kollektiven Intentionen zu rekonstruieren, die für ihre Realisierung die entscheidenden Impulse gaben, bleibt daher eine Herausforderung. Allerdings ließe sich auch argumentieren, dass die Sachlage mit Blick auf die Technikgeschichte der Moderne nicht unbedingt weniger komplex ist. Demnach wären die Intentionen für Technikproduktion und -nutzung, allen übergelagerten Technikdebatten zum Trotz, auch in der Moderne nicht einfacher zu rekonstruieren – gerade weil sie weiterhin Teil ökonomischer und administrativer Entscheidungsprozesse

21 Marcus Popplow, Die Ökonomische Aufklärung als Innovationskultur des 18. Jahrhunderts zur optimierten Nutzung natürlicher Ressourcen, in: ders. (Hg.), *Landschaften agrarisch-ökonomischen Wissens. Strategien innovativer Ressourcennutzung in Zeitschriften und Sozietäten des 18. Jahrhunderts* (= *Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt* 30), Münster u. New York 2010, S. 2–48.

waren, die nicht unbedingt auf Basis rationaler Erwägungen und expliziter Begründungen erfolgten, sondern auf Basis impliziter Vorannahmen, kultureller Muster oder emotionaler Impulse. Akteuren und ihren Motivationen und Verantwortlichkeiten für Investitionen in technische Prozesse nachzuspüren, bleibt demnach epochenübergreifend eine wichtige Aufgabe der technikhistorischen Forschung.

Technikwenden in Mittelalter und früher Neuzeit? Probleme und Potenziale

Der an dieser Stelle vorgenommene Versuch, die Frage nach ‚Technikwenden‘ im europäischen Mittelalter und der frühen Neuzeit systematisch auszuloten, lässt sich wie folgt resümieren: Für das Schlagwort ‚Technikwende‘ war aufgrund seines unklaren Bedeutungskernes in Gegenwartsdebatten zunächst zu präzisieren, wie der Begriff überhaupt verstanden werden soll, um ihn für die historische Analyse einzusetzen. Als zweiter Schritt galt es zu erinnern, dass der Begriff ‚Technikwenden‘ den untersuchten Epochen fremd war, dass in Mittelalter und früher Neuzeit also weder ein äquivalenter Begriff, noch äquivalente Diskurse existierten. Vor diesem Hintergrund hat sich gezeigt, dass der Versuch, ‚Technikwende‘ als analytische Kategorie für historische Untersuchungen zu nutzen, auf erhebliche methodische Probleme stößt. Für die erste, artefaktzentrierte Interpretationsmöglichkeit erwies sich ‚Technikwenden‘ als wenig instruktiv. Die damit verbundene Perspektive auf die Technikgeschichte von Mittelalter und früher Neuzeit hat die technikhistorische Forschung mit guten Gründen schon länger zu den Akten gelegt. Zudem bietet sie keinen Erkenntnisfortschritt gegenüber bereits etablierten Konzepten wie ‚technischer Wandel‘ oder ‚(Industrielle) Revolution‘. Die zweite, akteurszentrierte Interpretationsmöglichkeit hingegen hat sich als fruchtbarer Denkanstoß erwiesen, da sie mit dem Schwerpunkt auf die Motivation und Intentionalität bei der Einführung und Verbreitung technischer Innovationen in Mittelalter und früher Neuzeit eine in der Forschung bisher unterbelichtete Perspektive einrichtet. Damit können sich, wie im zweiten Teil dieses Beitrags argumentiert, neue Pfade für historische Analysen hinsichtlich des Zusammenhangs von politischem und technischem Handeln eröffnen.

Lassen sich aus dieser Diskussion weitergehende Schlüsse ziehen, wenn man für Gegenwartsdebatten technikhistorisches Orientierungswissen bereitstellen möchte und im Zuge dessen Begriffe aus aktuellen Technikdebatten historisch beleuchtet? Die methodischen Herausforderungen des Begriffs ‚Technikwende‘ haben durchaus paradigmatischen Charakter. Auch andere Schlüsselbegriffe in Technikdebatten der Moderne verdanken ihre vielfältigen rhetorischen Funktionen einem eher unscharfen Bedeutungskern – dies gilt für Begriffe wie ‚Fortschritt‘, ‚Innovation‘, ‚Maschinenstürmer‘ oder

‚Technikfeindlichkeit‘.²² Für die historische Analyse bieten sich in dieser Situation zwei Untersuchungsrichtungen an: Sie kann einerseits Definition und Verwendung der entsprechenden Begriffe in vergangenen Epochen analysieren und andererseits den von den aktuellen Begrifflichkeiten angesprochenen Themenkomplexen in historischen Zeiten nachspüren. Wenn aber die unscharfe Bedeutung der aktuellen Begrifflichkeiten gar keine klare Leitlinie bereitstellt, welchen Inhalten eigentlich in vergangenen Epochen nachgespürt werden soll, muss diese Entscheidung in der Hand der Historiker*innen selbst liegen, wie hier am Beispiel der beiden vorgeschlagenen Interpretationsmöglichkeiten von ‚Technikwende‘ gezeigt worden ist. Dennoch können, wie im zweiten Abschnitt argumentiert, Impulse aus Gegenwartsdebatten durchaus zu produktiven Impulsen für die historische Analyse führen.

Allerdings sollte die Bezugnahme zwischen aktuellen Debatten und historischer Analyse nicht nur eine Einbahnstraße, sondern im Idealfall ein wechselseitiger Dialog sein. Insofern könnte der Spieß auch umgedreht werden: Wurde im Vorangehenden als Grundproblem für die historische Analyse die fehlende analytische Schärfe des Begriffs ‚Technikwenden‘ betont, könnte gerade diese Erkenntnis dazu beitragen, die Unschärfe des Begriffes auch in der Gegenwartsrhetorik einer fundierten Kritik zu unterziehen. Die historische Analyse wäre dann kein Umweg, sondern ein nützliches Korrektiv, um unscharfe Alltagsrhetorik in gesellschaftlichen Technikdebatten inhaltlich und argumentativ zu präzisieren.

22 Vgl. z.B. Thomas Hänsleroth, Technischer Fortschritt als Heilsversprechen und seine selbstlosen Bürgen. Zur Konstituierung einer Pathosformel der technokratischen Hochmoderne, in: Hans Vorländer (Hg.), Transzendenz und die Konstitution von Ordnungen, Berlin 2013, S. 267–288; Marcus Popplow, Die Idee der Innovation – ein historischer Abriss, in: Bärbel Blättel-Mink, Ingo Schulz-Schaeffer u. Arnold Windeler (Hg.), Handbuch Innovationsforschung, Wiesbaden 2021, S. 15–24; Klaus Schlottau, Maschinenstürmer gegen Frauenerwerbsarbeit. Dea ex machina, in: Torsten Meyer u. Marcus Popplow (Hg.), Technik, Arbeit und Umwelt in der Geschichte. Günter Bayerl zum 60. Geburtstag, Münster u.a. 2006, S. 111–132; Andie Rothenhäusler, Die Debatte um die Technikfeindlichkeit in der BRD in den 1980er Jahren, in: Technikgeschichte 80, 2013, S. 273–294.

Transitionen im Energie- und Verkehrssektor um 1900

