



Joachim Radkau

TECHNIK IN DEUTSCHLAND

Vom 18. Jahrhundert bis heute

campus

Technik in Deutschland

Joachim Radkau ist Professor für Neuere Geschichte, insbesondere Technikgeschichte, an der Universität Bielefeld. Er ist einer der renommiertesten deutschen Technik- und Umwelthistoriker. Sein Buch »Technik in Deutschland« erschien zuerst 1989 bei Suhrkamp und liegt jetzt in einer umfassend überarbeiteten und aktualisierten Neuausgabe vor.

Joachim Radkau

Technik in Deutschland

Vom 18. Jahrhundert bis heute

Campus Verlag
Frankfurt/New York

ISBN 978-3-593-38689-8 Print
ISBN 978-3-593-40708-1 E-PDF

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Copyright © 2008 Campus Verlag GmbH, Frankfurt/Main

Satz: Marion Jordan, Frankfurt/Main

Druck und Bindung: Druckhaus »Thomas Müntzer«, Bad Langensalza

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Printed in Germany

www.campus.de

Inhalt

Einleitung

1. Technik neu durchdenken – Apologie der Technikgeschichte	9
2. Der langsame Fortschritt der Dampfmaschine oder: Technik als Triebkraft und Technik als Sensation	29
I. Technikgeschichte und »deutscher Weg«: Theoretische Grundlagen, Modelle, Leitlinien	
1. »Angepasste Technik« in der Vergangenheit – der regionale Ansatz in der Technikgeschichte.....	39
2. Zur Diskursgeschichte des »deutschen Weges« in Industrie und Technik.....	46
3. »Amerikanisches System« und »Schweizer Modell«: Kontrasttypen nationaler Technikstile.....	50
4. Das deutsche Ideal der wissenschaftlichen Technik und die Wiederentdeckung der Erfahrung.....	56
5. Rationalisierung, Systemzwang und Zwang zur Größe: Das »tyrannische Element« in der Technik.....	61
6. Anthropologische Kriterien bei der Periodisierung der Technikgeschichte	67
II. Technik im Zeichen der maximalen Nutzung regenerativer Ressourcen (18. und frühes 19. Jahrhundert)	
1. Das »hölzerne Zeitalter« als historische Einheit	73
2. Innovationsverhalten im »hölzernen Zeitalter«.....	80
3. Deutschland – ein unterentwickeltes Land? Zum technischen Profil deutscher Regionen im 18. und frühen 19. Jahrhundert	87

4. Technologietransfer und Anpassung neuer Technik	103
5. Staat, technische Innovation und Herrschaftstechnik	113
6. Die Dynamik der Sparsamkeit	120

III. Die formative Phase des deutschen Produktionsregimes

1. Von 1850 bis zur Jahrhundertwende: Entfesselung und Eingrenzung der <i>economies of scale</i>	128
2. Die Eisenbahn als Technik der nationalen Einigung und die deutsche Langsamkeit gegenüber dem Auto	144
3. »Billig und Schlecht« – Weltausstellungen und technologischer Nationalismus	161
4. Abstraktion und Autorität – zur Rolle der Wissenschaft	169
5. Industrialisierung und Professionalisierung des Erfinders – das Entwicklungskonzept in der Technik.....	184
6. Modell USA und »amerikanische Gefahr«.....	188
7. An den Grenzen der Mechanisierung.....	197
8. Technisierung der Fortschrittsidee und des Sicherheitsmanagements: Eine Gründerzeit der modernen Umweltpolitik und eine große Zeit der Scheinlösungen	210

IV. Kriegs-, Vorkriegs- und Nachkriegszeiten: Die Rationalität der Massenproduktion, der Macht und der Not

1. Von der Jahrhundertwende bis in die fünfziger Jahre: Ein Zyklus in der Technisierung aller Lebensbereiche.....	236
2. Die unvollkommene Technisierung des Krieges, die »Quasi- Dolchstoßlegende« der Techniker und das Blitzkriegskonzept	254
3. Elektrifizierung und chemische Synthese als Technologiepfade und gruppenbildende Prozesse	268
4. Rationalisierungsbewegung, Psychotechnik und »Kampf um die Arbeitsfreude«: Vor dem Problem der Anpassung von Taylorismus und Fordismus an deutsche Verhältnisse.....	286
5. Energetischer Imperativ, Ökonomie der Gichtgase und Großtechnik	301
6. Deutsche Wege der Motorisierung	313

V. An den Grenzen der Massenproduktion

1. Bruchlinien in der bundesdeutschen Technikgeschichte: Von der Herrschaft des Konsums zur High-Tech-Euphorie.....	328
2. Die Anpassung der Umwelt an das Auto.....	343
3. Eine neue industrielle Revolution?.....	347
4. Die Kernenergie zwischen Technikvisionen und Energiewirtschaft: Deutsche, europäische und amerikanische Technikpfade in der Kerntechnik.....	355
5. Humanisierung der Technik durch technischen Fortschritt oder: Menschen- und Umweltfreundlichkeit als zufälliges Nebenprodukt des technischen Wandles?.....	373
6. Deutsche Wege und Sackgassen in der Technikgeschichte der DDR.....	387
 Homo faber, homo ludens, homo sapiens – und die Frage der Synergie	405
 Anmerkungen.....	438
Ausgewählte Literatur	495
Bildnachweise	508
Personenregister.....	509
Firmenregister	516
Ortsregister	518
Sachregister.....	522

Einleitung

1. Technik neu durchdenken – Apologie der Technikgeschichte

Hat es Sinn, die Geschichte der Technik als Nationalgeschichte zu schreiben? Ist die Technik nicht in ihrem Wesen übernational und auf Naturgesetze gegründet, und führt nicht die wachsende globale Verflechtung dahin, dass sich die Dinge auf der ganzen Welt immer mehr gleichen? Gewiss, doch das ist nicht die einzige Technikgeschichte, es gibt noch eine andere: eine Geschichte der Technikanpassung an unterschiedliche nationale und regionale Bedingungen. Nur ist diese andere Geschichte erst in Ansätzen geschrieben worden; denn anders als die lineare, abstrakte Fortschrittsgeschichte – diese Geschichte des Fortschritts zu größerer Kraft, zu höherem Tempo, zu perfekterer Vernetzung – fordert sie viel mehr Blick für die Details: für Material und Materialprüfung, für Dimensionierung und Design, für Präzision der Arbeit und Qualifikation der Arbeiter, für den Umgang mit Risiken und Käufervorlieben.

Aber nur diese andere Technikgeschichte ist anschlussfähig an die »Mainstreams« der Geschichtsforschung. Und gerade diese sehr konkrete Technikgeschichte, die den »Teufel im Detail« aufspürt und die Maschinen zusammen mit den lebendigen Menschen sieht, gibt sehr viel, unendlich viel zu denken und zu grübeln. Sie bietet am ehesten die Chance für eine kritische Geschichtsanalyse, die untersucht, wie Technik mit Macht, mit menschlichen Bedürfnissen, mit Umweltbedingungen zusammenspielt. Wenn dieses Buch von der Geschichte der Technik in Deutschland handelt, geht es zugleich um die Stellung der Technik in der deutschen Geschichte seit dem 18. Jahrhundert. Eine erste Fassung dieses Buches wurde vor über 20 Jahren von Hans-Ulrich Wehler angeregt. Da war es mein Ehrgeiz, der Technikgeschichte – die als pure Fortschrittsgeschichte in der modernen Geschichtswissenschaft ein Fremdkörper war – ihren Ort in der kritischen Geschichtsrevision der Bielefelder Schule zu erobern. Daher gilt auch der Rolle des Staates in der technischen Entwicklung besondere Aufmerksamkeit.

Nun, das ist eine alte Geschichte. Sie hat ihre Geschichten. Zum Beispiel diese: Friedrich August Eversmann, königlich-preußischer Fabrikenkommissar, fühlte sich in seinem unermüdlichen Neuerungseifer nach eigenem Bekenntnis

»immer wie ein gejagter Hirsch«: Er war bereits der Typ des Hochdruck-Nervösen, der erst hundert Jahre darauf zum deutschen Prototyp wurde. Als er 1788 den widerstrebenden preußischen König allzu penetrant zur Förderung arbeitssparender Maschinen drängte, brachte ihn der Chef des Berg- und Kriegsdepartements, der Freiherr von Heynitz, zum Schweigen, indem er ihn am Rock zupfte. Heynitz kannte die höfischen Sitten, und auch mit technischen Innovationen hatte er seine Erfahrung.

Ehedem galt es als selbstverständliche Ehrenpflicht des Technikhistorikers, mit einer Geschichte vom Siegeszug des technischen Fortschritts und von opferfreudigen genialen Erfindern neue Generationen für die Technik zu begeistern. Diese Zeiten sind passé, und dieser Literaturtyp überlebt vorwiegend in Glanzlackbüchern der Bahnhofsbuchhandlungen. Stattdessen gibt es Grund zu der Frage, ob dem Technikhistoriker – immer vorausgesetzt, Wissenschaft habe etwas mit Weisheit zu tun – nicht besser die andere Rolle anstünde: die Rolle dessen, der jene Lobbyisten, die die Politiker zur Subventionierung gewisser vermeintlicher »Zukunftstechnologien« bestürmen, kräftig am Jackett zupft.



Abbildung 1: Wahlplakat in Mecklenburg, 1998. Da wird den neuen Bundesländern ein technizistisches Fortschrittsmodell suggeriert, das vielen Bürgern der alten Bundesländer bereits als passé gilt: Die technische Innovation schlechthin, egal ob nach ihr irgendein Bedürfnis besteht und ob sie noch so absurd ist, wird als Wundermittel zur Job-Beschaffung ausgegeben. Das Plakat setzt voraus, die Förderung solcher Innovationen sei Aufgabe des Staates.

Auf dem Münchener SPD-Parteitag von 1956 versicherte Leo Brandt, damaliger sozialdemokratischer Vordenker in Sachen Technologie, den Parteigenossen, was ihm ein amerikanischer Firmenvertreter erzählt hatte – und kein Widerspruch steht im Protokoll: Ein Kernkraftwerk, das eine ganze Stadt mit Strom versorge, koste nur eine Million Dollar, sei bedienungsfrei und passe in eine Kiste; man brauche diese einfach nur in der Erde verbuddeln, »einen halben Meter Kies drüber, am Ende kommt ein Kabel heraus«.

Seit jener Zeit treibt eine populäre technologische »Deutschland-erwache!«-Literatur allzeit neue Blüten. Immerfort stereotyp der gleiche Tenor, als befänden wir uns noch in der Biedermeierzeit: Die Deutschen in ihrer Gemütlichkeit seien wieder einmal drauf und dran, den weltweiten Wettlauf der technischen Innovationen zu verschlafen; sie sollten sich ein Beispiel an den Amerikanern (später: den Japanern, heute: den Chinesen) nehmen. Am Ende meist explizit oder zwischen den Zeilen die Pointe: Politiker und Öffentlichkeit müssen endlich lernen, dass eine bestimmte Industriebranche (mit der der Autor oft irgendwie zusammenhängt) ganz viel Steuergelder braucht. Das Etikett »Forschung« dient nicht selten als Rechtfertigung von Subventionen. Und das ertönt in einem sonoren Brustton der Überzeugung, der jeden Zweifel als ignorant oder kleinkariert erscheinen lässt. Da es sich in der Regel um Publikationen auf Kurzzeiteffekt handelt, die bald verramscht werden, geraten ihre eklatanten Fehlprognosen (Schlagzeile 1959: »Atomschlacht« um den Hochtemperaturreaktor!) rasch in Vergessenheit: So öffnet sich die Marktlücke für diese Literatur immer wieder neu.

Dieses Literaturgenre braucht eine eigene Art von Textkritik und kritischer Erinnerung. Die bisherige technikhistorische Forschung bleibt gewöhnlich an der Schwelle zur Gegenwart stecken; aber gerade die allerneueste Zeit, für die bislang eine Populärliteratur überwiegt, die von jeglicher Erkenntniskritik unbeleckt ist und in der es zugleich um politisch brisante Fragen geht, hat einen professionellen, quellenkritischen technikhistorischen Zugang besonders nötig. Heute ist der Glaube verbreitet, der Siegeszug des Computers demonstriere die Unwiderstehlichkeit der technischen Innovation schlechthin. Aber Vorsicht: Der Erfolg von Innovationen besitzt durchweg historisch-einmalige Züge; daraus generelle »Innovationstheorien« abzuleiten, die mehr als Banalitäten bieten, führt in die Irre. Aus der Technikgeschichte lässt sich vielmehr lernen, dass Innovationen in der Regel ökonomische Flops sind – Reinhold Bauer hat sich mit verblüffendem Erfolg auf die »historische Flopologie« innerhalb der Technikgeschichte spezialisiert. Daher die Mahnung des vielerfahrenen Technikhistorikers Akos Paulinyi: Ein guter Unternehmer darf keinen Technicktick haben. Ein Memento, dass selten so aktuell war wie in jüngster Zeit!

Aber warum gerät diese Erfahrung immer wieder in Vergessenheit? Weil die Erinnerungskultur der Firmenjubiläumsschriften Misserfolge mit Vorliebe ver-

drängt, und weil auch die Technikgeschichtsschreibung ganz überwiegend nur die erfolgreichen Innovationen in der Erinnerung kultiviert. Aber, um mit Hegel zu reden: »Das Wahre ist das Ganze« – zur wahren Technikgeschichte gehören auch die Fehlschläge. Und nicht zuletzt dort liegt auch der praktische Nutzen einer kritischen Technikgeschichte. Die großen Erfolge werden auch ohne Historiker an die Nachwelt tradiert.

Der *Spiegel* vom 18. Dezember 1989 präsentierte die Erstfassung dieses Buches als technikhistorisches Pendant zu Sten Nadolnys historischem Bestseller *Die Entdeckung der Langsamkeit*. Und, ganz richtig, in diese Richtung zielte ein Leitmotiv meiner Darstellung. Gerade in der tempobesessenen Technikhistorie kann die Entdeckung der Vorzüge einer gewissen Langsamkeit immer neue Aha-Erlebnisse bescheren. Wenn die Deutschen bis weit ins 19. Jahrhundert gegenüber Engländern, Franzosen und Amerikanern als Volk der Gemütlichkeit und Gemächlichkeit galten, hat ihnen das in vielen Technikbereichen, wo ein Erfolg erst durch allmähliche »Entwicklung« möglich war, eher genützt. So paradox es klingt: Manchmal werden Technologien – so die Kerntechnik – desto konservativer, je mehr man sie forciert. Das hat seine Logik; denn wenn etwas rasch in großem Stil realisiert werden soll, bleibt den Ingenieuren nichts anderes übrig, als auf vorhandenes Know-how und konventionelle Komponenten zurückzugreifen. In Deutschland hatte man ehemals oft dadurch Erfolg, dass man sich Zeit ließ, während jenes »Tempo«, das um 1900 zum Signum des »nervösen Zeitalters« wurde, nicht wenig mit der deutschen Katastrophe zu tun hat.

Als ich vor 20 Jahren an einer ersten Fassung dieses Buches zu arbeiten begann, machte ich mir eine seitenlange Pro- und Kontra-Liste, ob ich mir zur Textverarbeitung einen PC zulegen sollte oder nicht. Ich entschloss mich, vorerst damit zu warten und weiter wie gewohnt mit der Hand zu schreiben. Immer wieder begegneten mir auf dem Flur bleiche PC-Pioniere, denen wieder einmal der Computer abgestürzt war. Diese Ikarusse und Otto-Lilienthale der neuen Technik in allen Ehren, aber ich verspürte nicht den mindesten Ehrgeiz, mich ihnen zuzugesellen. Mein prominenter Kollege Niklas Luhmann, der Bielefelder Soziologiepapst, zauberte derweil aus seinem Zettelkasten Computertheorien, die selbst in der Szene ernst genommen wurden, fuhr jedoch selber fort, seine berühmten Zettelkästen mit schwer zu entziffernder Handschrift zu komplettieren.

Mein Onkel Hans Radkau (1904–1991), alterfahrener und allseits populärer Maschinenbaudozent an Technischen Hochschulen mit bis ins Kaiserreich zurückreichender Erinnerung, dem ich mein Interesse an der Technikgeschichte verdanke und der meine technikhistorischen Arbeiten stets mit Rat und Anteilnahme begleitete, lebte für seine Person nach der antiken Weisheit, mit so



Abbildung 2: Absturz des Ikaros, Kupferstich von Hendrik Goltzius, 1588. Der lateinische Rundtext lautet in deutscher Übersetzung: »Wissen ist ein göttliches Geschenk, und göttlich ist der Wissensdrang, doch gilt das Gebot, die eigenen Grenzen nicht zu übertreten. Wer nur für sich selbst denkt, ohne es einer rechten Prüfung zu unterziehen, schenkt – als ein Ikarus – Ikarischen Gewässern seinen Namen.« Seit der Spätrenaissance, im Zuge des Aufstiegs der Technik, wird der griechische Mythos von Dädalos und Ikaros zu einem beliebten Motiv in Kunst und Literatur. Ikaros stürzte ab, weil er zu hoch zur Sonne hinauf flog, so dass das Wachs schmolz, das seine Flügel zusammenhielt. Goltzius, der als erster von der ikonographischen Tradition des stürzenden Ikarus abweicht, hat genau den Augenblick festgehalten, in dem Ikaros noch verklärt zur Sonne blickt, aber zu stürzen beginnt. In seiner Sehnsucht behält er Größe und sinnlichen Reiz, mag er auch gegen die väterliche Vernunft der maßvollen Mitte verstoßen! Das Bild ist nicht so eindeutig moralisierend wie die Rundschrift, sondern weckt erotische Assoziationen. In der Tat gab es seit Ovids *Ars amatoria* die Tradition, Ikarus als den maßlos Liebenden und damit den wahren Liebenden zu begreifen. Das Fliegen als erotische Chiffre! Erst seit dem 18. Jahrhundert richtete sich die Aufmerksamkeit auf den technischen Aspekt.

wenig Ballast wie möglich auszukommen (natürlich mit Ausnahme der Bücher), und hatte – auf meditative Stille bedacht – daheim nicht einmal Telefon, geschweige denn Fernsehen. Diese Lebensweisheit hat auf mich abgefärbt, und ich bin nicht schlecht damit gefahren. Natürlich bin ich heute längst »online« (... und habe seither jäh Wechsel zwischen überdrehter Arbeitseuphorie und psychischer Lähmung an mir erlebt, wie ich sie bis dahin nicht gekannt hatte). Aber vor 20 Jahren war die PC-Technik nicht ausgereift – und ob sie es heute

ist, bleibt die Frage. Wie weit gibt es da überhaupt so etwas wie »Reife«? Die Apple-Produkte sind eben keine Äpfel, und die Maus ist keine Maus.

Und doch: Pauschale Kulturpessimisten und schon gar Apokalyptiker sind mir suspekt. Wenn Lewis Mumford (1895–1990), in den 1930er Jahren Prophet einer menschen- und umweltfreundlichen »Neotechnik«, in seiner Altersdepression den Untergang der Menschheit unter der Macht einer mörderischen »Megamaschine« prophezeite, war das eine ins Negative gewandte Variante des linearen Fortschrittsbilds, ohne Bewusstsein dessen, dass der Gang der Technik eben nicht einem einzigen geradlinigen »Mainstream« folgt – zum Glück nicht. Die alten sportlichen Superlative des technischen Fortschritts *citius, altius, fortius* – schneller, höher, stärker – werden heute durch ihre weitere Steigerung immer marktferner. Bei noch schnelleren Autos helfen dem Unfallfahrer keine Knautschzonen mehr. Die höchsten Kraftkonzentrationen sind nicht in der Ziviltechnik, sondern nur in den Atomwaffen zu gebrauchen; aber gottlob ist die Atombombe nicht das Paradigma der neuen Technik schlechthin, und ebenso wenig ist das Manhattan Project, aus dem die ersten Nuklearwaffen hervorgingen, der Prototyp der modernen technischen Entwicklung überhaupt. Spektakuläre technische Superlative besitzen in der Technikgeschichte nicht entfernt die Bedeutung, die ihnen sensationshungrige Medien zuschreiben. Der Sputnik war eines der größten Pseudo-Ereignisse der Zeitgeschichte; die Pizza war in jenen Jahren ohne Zweifel eine für das wirkliche Leben und die Wirtschaft unvergleichlich viel wichtigere Innovation. Triviales geschichtsfähig zu machen, könnte ein Reiz der Technikhistorie sein.

Das Vertrackte ist nur: Eine derart erweiterte Technikgeschichte sprengt alle Grenzen. Kühne neue Geschichtskonzepte stehen stets vor der Gretchenfrage, ob der Historiker, der fundierte und lesbare Bücher schreiben möchte, damit arbeiten kann. Auch diese Darstellung kann ihren eigenen Anspruch nur unvollkommen erfüllen. Aber die Technikgeschichte hat sich zu oft in ein geistiges Ghetto gesperrt; ein Impetus zu einer gewissen Entgrenzung – einer spezifischen, nicht unbegrenzten – kann ihr gegenwärtig nicht schaden.

Aber wo bleibt bei alledem der rote Faden? Wo ist in dem kunterbunten Sammelsurium die Geschichte? Wenn man darauf verzichtet, die gesamte Technikgeschichte an der Leine des linearen Fortschritts aufzuhängen, muss sie dennoch nicht jegliche Linie, jegliche Dynamik verlieren. Einen kontinuierlichen Zugewinn an technischem Wissen und Know-how gibt es in den letzten Jahrhunderten ja ganz ohne Zweifel – zugleich allerdings auch, gewöhnlich unbeachtet, Prozesse des Vergessens. Bei meiner Rekapitulation der deutschen Technikgeschichte seit dem 18. Jahrhundert habe ich neben Aufwärtskurven immer wieder auch *zyklische*, wenn man will: dialektische Prozesse registriert.

Viele Zyklen sind mir erst beim Schreiben deutlich geworden, ohne dass ich zuvor eine passende Theorie – ein Konzept von Konjunkturzyklen in der

Technik – gehabt hätte. Auf ein exzessives Austesten der *economies of scale*, der Rentabilitätssteigerung durch Kapazitätenwachstum, pflegte irgendwann ein Rückschlag zu erfolgen. Auf Phasen der Massen- und Billigproduktion folgten neue Chancen diversifizierter Qualitätsarbeit. Auf stürmische Innovationsphasen mitsamt den unvermeidlichen Enttäuschungen folgte regelmäßig eine Wiederentdeckung der Vorzüge der Tradition – zumindest gewisser Traditionen. Auf den Kunststoffboom folgt eine Renaissance der Naturstoffe. Auf die Missachtung der Erfahrung der Praktiker durch visionäre Reformen und Protagonisten neuer Theorien folgte über kurz oder lang zwangsläufig eine Renaissance der Erfahrung. Auf den immer neuen Ehrgeiz, sich den Menschen mit seinem störenden Eigensinn mittels Mechanisierung vom Hals zu schaffen, folgte selbst im Zeitalter der Roboter die Einsicht, dass der Mensch flexibler ist als alle Maschinen – nicht selten sogar billiger. Nicht zuletzt aus diesen Zyklen, diesen dialektischen Pendelausschlägen ergeben sich Epochen der Technikgeschichte.

Man darf sich nationale Stile der Technikentwicklung – erst recht solche, die eine ausgeprägte Dynamik entfalten – nicht zu homogen und in sich harmonisch vorstellen: Sie sind nicht nur durch Kontinuitäten, sondern auch durch innere Spannungen gekennzeichnet, aus denen zyklische Bewegungen hervorgehen. Wolfgang König ist in seinem Vergleich deutscher, britischer, französischer und amerikanischer Technikkulturen (*Künstler und Strichbezieher*, Frankfurt/Main 1999) zu dem zunächst paradox anmutenden Befund gelangt, dass »in keinem anderen Land empirische Elemente so weitgehend aus dem Ingenieurberuf und aus der Ingenieurausbildung verdrängt« worden seien wie in Deutschland, wo die Ingenieurschulen den Bedürfnissen der staatlichen Verwaltung entsprungen, dass aber auch kein anderes Land ein derart umfangreiches und praxisnahes technisches Mittelschulwesen ausgebildet habe wie das Deutsche Reich. Diesen Fachschulen vor allem sei es zu verdanken gewesen, dass die Zahl der Ingenieure hier allem Anschein nach wesentlich höher als in anderen Industrieländern gewesen sei. Prototyp deutscher Ingenieurkultur war eben nicht nur Franz Reuleaux (1829–1905), der die Technikwissenschaften per Theorie zur Dignität der Philosophie zu erheben suchte, sondern auch Alois Riedler (1850–1936) mit seinem »siebenjährigen Krieg« gegen Reuleaux und die theorielastige Ausbildung der Maschinenbauer. Man beachte: Beide beriefen sich auf amerikanische Erfahrungen, jeder auf seine Art. »Amerika« ist gross, und verschiedene Leute bringen aus den USA sehr unterschiedliche Botschaften nach Hause: Das wird bei Diskussionen über »Amerikanisierung« früher wie heute oft zu wenig beachtet, ob in der Technik oder Kultur.

Deutsche Wege in der Technik resultieren aus Signaturen der deutschen Geschichte. Von vornherein war mir klar, dass diese variieren und kein Ausfluss eines ewigen »deutschen Wesens« sind. Während sich der Stil der Technikgeschichte gewöhnlich an der früh- und hochindustriellen Technik entwickelt hat, lag

die Forschungsbasis, von der aus ich operierte, davor und danach: bei den holzgebundenen und holzsparenden Techniken der frühen Neuzeit und bei der Kerntechnik. Diese gleichsam »exzentrischen« Zugänge hatten ihren Vorzug: Sie bewahrten mich von vornherein vor allzu statischen Vorstellungen von dem typisch Deutschen in der Technik. Denn: In beiden Fällen gab es deutsche Wege; aber sie sahen sehr unterschiedlich aus. Auch heute stellt sich die alte Frage: »Was ist deutsch?« immer wieder – seit 1945 in nachdenklicherem Ton als früher. Gerade im Zuge der zunehmenden »Globalisierung« – was auch immer das sei – bekommt die Frage nach dem deutschen Profil in der Weltwirtschaft eine neuartige Schärfe. Auch im Blick auf diese Diskussion ist dieses Buch entstanden.

Seit der Erstfassung habe ich mich über viele Jahre von der Technikgeschichte entfernt: mit der Arbeit an der Geschichte der Nervosität, der Weltgeschichte der Umwelt und der Biographie Max Webers. Aber gerade aus der Distanz habe ich die Technikgeschichte immer wieder neu entdeckt: anthropologische Seiten des technischen Wandels, die geschichtstheoretische Tragweite von Sichtweisen der Technikgeschichte, Umweltaspekte der Technik. Gegenüber der heute modischen Entmaterialisierung der Historie erinnert gerade die Umweltgeschichte an die materielle Seite der menschlichen Dinge! Und an die Technik: Eine Kulturgeschichte des Autos mag sich auf die Karosserie beschränken – eine Umweltgeschichte des Autos dringt in dessen technisches Innenleben ein. Ja sogar Max Weber führte mich wieder zurück zur Technik. Für ihn – sehr im Unterschied zu vielen heutigen Weberianern – bestand der Reiz der Sozialwissenschaften in der geistigen Eroberung neuer Wirklichkeiten; und zu diesen zählte nicht zuletzt die Welt der Technik. »Mit welcher Leidenschaft würde er sie studiert haben, um ihre Funktion für einen politischen Stil zu durchschauen«, wenn er erst die heutige Technik gekannt hätte, versicherte Theodor Heuss, der Weber gut gekannt hatte, 1958 in der Einleitung zu seinen *Politischen Schriften*. Aber je mehr weite Teile der Öffentlichkeit von neuer Technik hypnotisiert sind, desto mehr schlägt in den Sozialwissenschaften immer wieder der Trend durch, sich in überkommenen Kerngebieten einzuigeln.

Im Jahre 1798, im Anblick der näherrückenden Französischen Revolution, verfaßte Friedrich Schleiermacher, der kommende »Kirchenvater des 19. Jahrhunderts«, in Berlin seine Schrift *Über die Religion. Reden an die Gebildeten unter ihren Verächtern*. Auch ohne akademische Kirchenvaterallüren empfinde ich im Strudel der Technisierung unseres ganzen Lebens mehr und mehr das Bedürfnis, eine Apologie der Technikgeschichte gegenüber ihren intellektuellen Verächtern zu halten. Gerade Akos Paulinyi, der – wo es nötig war – vor einer Technikgläubigkeit warnte, hat in neuerer Zeit aus gegebenem Anlass gegen selbstzerstörerische Neigungen in der Technikhistorie gewettert: gegen die Auflösung der Technik in Wirtschafts-, in Wissenschafts- oder in Diskursge-

schichte und gegen eine Bagatellisierung des Faktors Technik unter Hinweis auf den wachsenden Dienstleistungssektor und auf die angebliche »Entstofflichung« der Wirtschaft. Ebenso kann man nicht scharf genug gegen die eklatante, weit mehr aus Trägheit als aus Theorie resultierende Ignoranz gegenüber der Technik innerhalb der Neuhistorie polemisieren. Wer über die Moderne reden will, muss auch über Technik reden. Allerdings ist die Technikgeschichte selbst nicht unschuldig an ihrer Marginalität. Dieses Buch soll dazu beitragen, sie in den historischen »Mainstream« zu führen.

Die gewisse Sehnsucht der Technikgeschichte nach Selbstauflösung erklärt sich vermutlich aus dem Drang, dem Technikghetto zu enttrinnen – oder, wie man es nimmt, dem Niemandsland zwischen den »zwei Kulturen«: der human- und sozialwissenschaftlichen auf der einen, der technik- und naturwissenschaftlichen auf der anderen Seite (beide, aus der Nähe besehen, auch in sich tief zersplittert). Dem Hochmut der Sozialwissenschaftler entspricht nur allzu oft eine Arroganz der Natur- und Technikwissenschaftler, deren Fachliteratur für Sozialwissenschaftler unverständlich ist und deren populäres Schrifttum zur geistigen Auseinandersetzung oft auch nicht gerade einlädt. Man denke an die Schimpfkanonade des Kybernetikers Karl Steinbuch (*Falsch programmiert*, 1968) auf die »Hinterwelt«, sprich: Geisteswissenschaften, die er pauschal als »Kathedermörder« anklagt, und denen er die Schuld an den NS-Verbrechen gibt: eine Brandschrift, die einst in der deutschen Öffentlichkeit, von der Bonner »Bundesebene« bis zu Hamburger Redaktionsstuben, viel Staub aufwirbelte und erstaunlich ernst genommen wurde. Zu einer Zeit, da selbst Kybernetiker sich von den künftigen Computern ganz verkehrte Vorstellungen machten, handelt Steinbuch von der Gesellschaft wie von einem umzuprogrammierenden Computer, und er stellt den Ostblock, der damals die Kybernetiker umschmeichelte, als technologisches Vorbild hin. Auf der Gegenseite zahlten Manche mit gleicher Münze heim und assoziierten die Technik mit Tod. Immer wieder reißt die Kluft zwischen den beiden Kulturen von neuem auf. Technikhistoriker stehen vor dem Akrobatentstück, diese Kluft zu überbrücken. Kein Wunder, dass sich viele am liebsten an einer Seite festklammern, um nicht abzustürzen.

Der heutige Technikhistoriker bewegt sich gewöhnlich in einem Dreieck zwischen Wirtschafts-, Wissenschafts- und Umweltgeschichte. Auch ich navigiere seit Jahrzehnten in diesem Dreieck. Die erste Buchfassung schrieb ich vor 20 Jahren unter dem unmittelbaren Eindruck einer industriearchäologischen Englandexkursion mit dem Wirtschaftshistoriker Sidney Pollard (1925–1998). Exkursionen sind eine gute Schule in konkretem Denken. Die Industriearchäologie hält dazu an, die Technik ganz konkret in den Fabriken, in der Arbeitswelt, im regionalen Umfeld zu begreifen. Über englische Eindrücke gelangt man zur Identifikation deutscher Wege in der Technik.

Von Pollard lernte ich, dass »Technologietransfer« – ein Modewort der achtziger Jahre – ein irreführender Begriff ist: Gerade entwickelte Industriestaaten mit hoher technischer Kompetenz verstünden es – so Pollard –, importierte Technik ihren eigenen Bedingungen anzupassen. Die naive Begeisterung für ausländische Spitzentechnik zeuge von Inkompetenz und sei charakteristisch für unterentwickelte Länder. In diesem Ansatz, den Thomas P. Hughes bereits mit Erfolg in der amerikanischen Technikgeschichte praktizierte, fand ich einen Schlüssel auch zur deutschen Technikgeschichte.

Pollard – wie so viele britische Intellektuelle seiner Generation in der Jugend Kommunist und in älteren Jahren Liberaler – spottete bei Gelegenheit mit Blick auf staatliche Technologiepolitik: »Was der Staat macht, ist immer falsch.« Selbst wenn es um solche technischen Entwicklungen gehe, die Zukunft hätten, gebe es ein Malheur, sobald der Staat sie in die Hand nehme. In der Tat, von den frühen preußischen Dampfmaschinen bis zur staatlichen Forcierung der Mikroelektronik in der DDR mangelt es nicht an Beispielen. Was jedoch nicht etwa heißt, dass es Sache des Historikers wäre, sich für eine Entpolitisierung der technischen Entwicklung stark zu machen. Die Geschichte zeigt vielmehr, dass die Industrie, wenn jeder staatliche und öffentliche Druck fehlt, selbst einfache Arbeits- und Umweltschutzvorkehrungen vernachlässigt. Auch Pollard predigte keineswegs das Zurück zum totalen Laissez-faire, schon gar nicht in der Kerntechnik. Obwohl er Sohn österreichischer Juden war, die im Holocaust ermordet wurden, und er England als Lebensrettung erlebte, wusste er manche deutschen ordnungspolitischen Traditionen zu schätzen und schrieb eine Streitschrift gegen den britischen Thatcherismus (*The Wasting of the British Economy*, 1982). Auch davon habe ich gelernt.

Sehr viel verdanke ich auch der Zusammenarbeit mit Pollards Nachfolger, dem Wirtschaftshistoriker Werner Abelshäuser. Zwischen seiner Erforschung des »deutschen Produktionsregimes« in der Wirtschaft und meiner Rekonstruktion deutscher Wege in der Technik besteht viel Konvergenz, und auf diese Weise habe ich eine Menge über unternehmerische Aspekte der von mir beschriebenen technikhistorischen Prozesse gelernt. Beide sind wir von dem Bewusstsein getragen, es mit deutschen Traditionen zu tun zu haben, die gegenwärtig unter Kurs gehandelt werden: heute, auf dem Höhepunkt der Globalisierungsrhetorik, mehr noch als vor 20 Jahren. Ob von der Technik- oder von der Unternehmensgeschichte her betrachtet: Das »deutsche Produktionsregime«, so wie es als Tradition noch heute wirksam ist, bildete sich im späten 19. Jahrhundert heraus, beruhend auf einem erfahrenen Facharbeiterstamm, diversifizierter Qualitätsproduktion, Formen innerbetrieblicher Mitbestimmung, regionalen »Clustern« – Kooperation autonomer Unternehmen unter Vermeidung hoher Transaktionskosten – und Kartellabsprachen, die eine längerfristige Orientierung ermöglichten. All das hat seine ökonomische und seine technische Seite, ja

manifestiert sich nicht selten sogar am deutlichsten in der Technik. Noch die modernste Computerentwicklung wird in bemerkenswertem Maße durch regionale Cluster vorangetrieben, ob im Silicon Valley oder im Umkreis von Paderborn.

Gewiss, das regionale Moment ist nicht alles: Auch Adaptionen amerikanischer Methoden standardisierter Massenproduktion gehörten zum »deutschen Weg«. Aus der Sicht mancher Nachbarländer waren die Deutschen schon vor 1914 die »Yankees von Europa«. Und gerade daraus ergibt sich eine dialektische Spannung, in der deutschen Technik- wie in der Unternehmensgeschichte. Natürlich war und blieb der »deutsche Weg« nicht immer und überall gleich, und längst nicht immer war er ein Erfolgsrezept. Aber oft wurde er nicht einmal klar erkannt und in seinen Erfolgsbedingungen gewürdigt. NS-Ergüsse über die »deutsche Technik« besaßen oft wenig Substanz: In der völkischen Imagination strotzte der deutsche Techniker von faustischem Drang, de facto dagegen suchte man Henry Ford nachzueifern. Hitler verspottete das Lob deutscher »Werkmannsarbeit« intern als »Bluff«: So wenig kannte der Führer der Pseudo-Arbeiterpartei deutsche Facharbeiter-Traditionen! Heute lohnt es sich, jenseits des Techniknationalismus den aktuellen Wert der realen, nicht imaginären deutschen Traditionen neu zu durchdenken.

Die exakte Gegenposition zu Abelshäuser hat der Technikhistoriker Ulrich Wengenroth mit seiner »Käfigthese« vertreten, die er in dieser Zuspitzung in seinem Beitrag »Die Flucht in den Käfig« für den von Rüdiger vom Bruch und Brigitte Kaderas herausgegebenen Tagungsband *Wissenschaften und Wissenschaftspolitik* (2002) formuliert hat und die seither einigen Staub aufwirbelt. Will man die intellektuelle Spannung beim Durchgang durch die deutsche Technikgeschichte erhöhen, lohnt es sich, diese konträren Positionen im Blick zu behalten. Wengenroth erkennt ähnlich wie Abelshäuser seit über hundert Jahren eine markante und zählbeige Tradition deutscher Unternehmenskultur, erblickt in dieser jedoch ganz im Gegensatz zu Abelshäuser seit langem das Verhängnis der deutschen Wirtschaft. Weltkriege, Selbstisolation und Nationalsozialismus hätten es dahin gebracht, dass sich das deutsche »Innovationssystem« selber in einen »Käfig« gesperrt habe. Mit dem Niedergang der deutschen Wissenschaft sei ein Niedergang der Innovationskultur in Wirtschaft und Technik einhergegangen, besonders eklatant durch die Vertreibung der Wissenschaftler jüdischer Herkunft aus Deutschland nach 1933 beschleunigt. Das Endergebnis komme einer »Selbstenthauptung des deutschen Innovationssystems« gleich.

Ich verdanke Wengenroth wichtige Anregungen zur Rekonstruktion deutscher Wege in der Technikgeschichte, vermag jedoch diese pauschal negative Sicht weder logisch noch historisch-empirisch nachzuvollziehen und auch nicht ihren analytischen Wert zu erkennen. Da wird die deutsche Geschichte im 20. Jahrhundert zu jener Nacht, in der alle Katzen grau sind; selbst die bundes-

deutsche Gründerzeit ist nur ein Appendix der deutschen Katastrophe, kein chancenreicher Neuanfang. Noch der bis heute vergleichsweise niedrige Anteil des Dienstleistungssektors in Deutschland wird der deutschen Selbstabsperrung zugeschlagen. Auf dem Grunde erkennt man die schon in sich widersprüchlichen Prämissen, das Wohlergehen eines Landes hänge an seinem »Innovationssystem«, dieses sei integraler Bestandteil seiner gesamten Geisteskultur, und das Heil liege in einem permanent wachsenden Dienstleistungssektor.

Die wirkliche Geschichte sieht sehr anders aus. Die Vertreibung der deutsch-jüdischen Intelligenz hat die deutsche Kultur und Wissenschaft ärmer gemacht, den Gang der Dinge in Industrie und Technik jedoch nur wenig in erkennbarer Weise beeinflusst. Wirtschaft und Technik können sehr wohl florieren, während Kultur und Teile der Wissenschaft darniederliegen; da besteht keine enge und direkte Kausalität: Das hat gerade die neuere deutsche Geschichte gezeigt. Der 1933 emigrierte Historiker George W. F. Hallgarten (1901–1975) – ein Pionier in der ökonomischen Interpretation der Geschichte, mit dem ich in jungen Jahren zusammenarbeitete – pflegte nicht ohne Melancholie hervorzuheben, vor allem in *einem* Fall hätten deutsche Emigranten als Gruppe eine technische Innovation von welthistorischer Bedeutung initiiert: beim Bau der ersten Atombombe. Da war die Bedeutung der physikalischen Theorie ungleich höher als in der Konsumgüterproduktion. Aber das *Manhattan Project* wurde – glücklicherweise – kein Paradigma für die deutsche Industrieforschung.

Zu der These Wengenroths, das »deutsche Innovationssystem« sei »umso wettbewerbsfähiger, je konsumentenferner es agieren« könne, finde ich in der deutschen Technikgeschichte viele Gegenbeispiele. Zwar fehlt es da keineswegs an Megaprojekten, die mit technischem Fanatismus forciert werden, und an einem Produktivismus, der sich den Teufel um Konsumentenvorlieben schert; aber dabei handelt es sich längst nicht immer um typisch deutsche Phänomene. Das Ford-System war im 20. Jahrhundert der Archetyp des Produktivismus schlechthin, ebenso wie das *Manhattan Project* der Archetyp des Megaprojekts. Auch ich halte solche Trends in der deutschen Technikgeschichte für fatal; darin besteht sogar eine Hauptlinie dieses Buches. Diese Schattenseiten der Technikgeschichte beweisen jedoch keine deutsche Käfigexistenz.

Gewiss, auf ideologischer Ebene haben sich viele Deutsche über Generationen in einen Käfig gesperrt; auf technologischer Ebene dagegen kann ich von einer Käfigpsychose nicht viel entdecken. Stattdessen kann man die gesamte deutsche Technikgeschichte seit der Zeit Friedrich Lists als eine Aufeinanderfolge von Adaptionen amerikanischer Trends beschreiben: Auch das sucht dieses Buch zu zeigen. Selbst Hitler hegte, wenn es um Technik und Organisation ging, keinerlei Vorurteile gegen die USA; ganz im Gegenteil. Nun trifft es zwar zu, dass die »Amerikanisierung« in der deutschen Wirtschaft, wenn man genau hinschaut, nur mit Abstrichen erfolgte. Aber diese Modifikationen, die deut-

schen Gegebenheiten entsprachen, zeugen in vielen Fällen von Kompetenz, nicht von nationalistischer Borniertheit. Zum Verderb wurde es der deutschen Wirtschaft dagegen in typischen Fällen, wenn sie allzu übereifrig amerikanische Methoden standardisierter Massenproduktion übernahm: ob in der Weltwirtschaftskrise um 1930 oder der Krise des Fordismus in den frühen siebziger Jahren. Auch der Crash der *New Economy* von 2001 deutet darauf hin, dass ein »Käfig« fixer Ideen seit langem mehr in Richtung einer blinden Nachahmung amerikanischer Trends als einer Rückbesinnung auf deutsche Kompetenzen wirkt. Wie weit das auch in Zukunft gilt – wer will das wissen?

Besonders solide ist die Verbindung von Technik- und Wirtschaftsgeschichte. Viel gelernt habe ich jedoch auch aus der Zusammenarbeit mit Wissenschaftsforschern: mit dem Bielefelder Institut für Wissenschafts- und Technikforschung (IWT), mit Wolfgang Krohn und Peter Weingart; auch durch die Mitarbeit an einem Projekt über große technische Systeme von Ingo Braun und Bernward Joerges am Wissenschaftszentrum Berlin (WZB), wobei das Eigengewicht der Dinge, der technischen Artefakte und Netzwerke, stärker zur Geltung kam. Vielleicht ist es gut, dass ich nie über ein Institut für Technikgeschichte verfügte: So musste ich stets auf Anschlussfähigkeit bedacht sein, nicht zuletzt an eine überaus selbstbewusste Geschichtsfakultät, die von Hause aus zur Technik kein Verhältnis hatte und vom Nutzen der Technikhistorie erst überzeugt werden musste. Und so ergab sich für mich die Identität der Technikgeschichte auch nie von selbst: durch eine Glastür, die mein Institut von dem Rest der Welt geschieden hätte. Stattdessen habe ich durch meine anderen Projekte die Technikgeschichte oft von außen gesehen.

Aber gerade dadurch komme ich zu dem Schluss: Die Technikhistorie könnte ihr Eigenrecht getrost offensiver verteidigen. In dem Dreieck von Wirtschafts-, Wissenschafts- und Umweltgeschichte sollte sie sich mit autonomer Eleganz im Dreischritt des Walzertaktes bewegen und nicht von einer dieser Sparten per Umarmung vereinnahmen lassen. Gewiss, im unendlichen Strom der Geschichte ist die Technik kein letzter Grund. Aber sie produziert in diesem Strom doch eine Menge Stromschnellen, Stauwehre, Kanäle, Einfassungen und Rutschbahnen, die die Fließgeschwindigkeit kolossal beschleunigen.

Würde man etwa die gesamte Technikgeschichte in Wirtschaftsgeschichte auflösen, machte man den Gang der Technik viel zu rational. Der Markt allein reicht zur Erklärung technischer Entwicklungen überhaupt nicht aus. Diese brauchen nicht selten einen langen Atem; als bloße Reaktion auf die ewig pendelnde Balance zwischen Angebot und Nachfrage kommen sie nicht zum Erfolg. Daher der permanente Ruf nach staatlichen Subventionen für vermeintliche »Zukunftstechnologien«!

Die moderne Technik lässt sich nicht – wie man früher manchmal versuchte – als Verstärkung und Substitution menschlicher Organe erklären und auch

nicht einfach als Antwort auf menschliche Bedürfnisse. Es ist fraglich, ob die Menschheit vor Gottlieb Daimler über Jahrhunderttausende mit einem ungestillten Bedürfnis nach dem Automobil dahinvegetierte. Gerade die seit 1900 rasant wachsende Bedeutung der Reklame, die besonders exzessiv am Marketing für neue technische Konsumgüter emporschoss, deutet darauf hin, dass neue Industrien im Unterschied zur frühindustriellen Textil- und Maschinenbauindustrie nicht einfach einen vorhandenen Bedarf billiger und reichlicher befriedigten, sondern sich ihren Bedarf erst schaffen mussten. Darin kann man sogar einen Grundtrend der Technisierung des Wirtschaftslebens erblicken; das ist eines der Leitmotive dieses Buches. Ein weiterer Trend besteht in dem wachsenden Sog, der von der expandierenden Rüstung und Rüstungsforschung ausging: Damit kommt eine marktferne Triebkraft in einem bis zum 19. Jahrhundert kaum bekannten Ausmaß ins Spiel. Und schon gar die zunehmende Bedeutung technischer Infrastrukturen, der flächendeckenden technischen Systeme! Diese waren stets ein Politikum; und da bekommt die Technikentwicklung am offenkundigsten einen regionalen Einschlag.

Technik- und Wissenschaftsgeschichte: Schon seit geraumer Zeit gilt *Vernissenschaftlichung* als vielversprechendes Paradigma der Technikgeschichte wie der Technologiepolitik – nicht zuletzt deshalb, weil die Wissenschaftsgeschichte im Wissenschaftsbetrieb besser etabliert ist als die Technikgeschichte, leichter ein intellektuelles Niveau erlangt und »Wissenschaft« klarer einen Anspruch auf staatliche Fördermittel signalisiert als »Technik«. Der technikhistorische Nachwuchs sucht teilweise Unterschlupf bei der Wissenschaftsgeschichte. Und doch sind die Warnungen eingefleischter Technikhistoriker vor einer Vereinnahmung der Technik- durch die Wissenschaftsgeschichte nach wie vor aktuell, auch bei den »neuen Technologien«. Ob das oft behauptete Gesetz, dass der Weg von der »Forschung und Entwicklung« (schon dies längst nicht immer ein glatter Übergang!) zur Industrie immer direkter und kürzer werde, tatsächlich existiert, ist sehr zweifelhaft. Paradebeispiele, wo dies der Fall war, werden zur optischen Täuschung, wenn man sie vorschnell verallgemeinert.

Seit der Genfer Atomkonferenz von 1955, als der in der Theorie so faszinierende Fusionsreaktor in 20 Jahren verheißt wurde, ist der Weg dorthin nicht kürzer geworden, eher länger. Ein charakteristischer Lernprozess im Zuge der kerntechnischen Entwicklung ging geradezu dahin, dass bloße »Papierreaktoren«, die theoretisch optimal sein mögen, nichts wert sind, wenn sie nicht an einen breiten Erfahrungsfundus des Kraftwerkbaus anknüpfen. Die großen Kernforschungszentren, die von Anhängern wie Gegnern der Atomkraft für die Superhirne der kerntechnischen Entwicklung gehalten wurden, waren im Endeffekt für den faktischen Gang der Dinge erstaunlich bedeutungslos, ja lenkten die Entwicklung geradezu in Sackgassen. Auch die heutige Computerwelt ist weder ein direkter Nachkomme der alten Rechenmaschinen noch der Halblei-

terforschung; ebensowenig ist sie unmittelbar Forschungsprojekten entsprossen. Überhaupt sieht es nicht so aus, als sei das Ausprobieren, die uralte Methode der technischen »Entwicklung«, ganz und gar durch die Theorie verdrängt worden. Auch in der Technik behält »Entwicklung« ein Element zielloser *evolution* und besteht nicht nur aus zielstrebigem *development*. Kurz gesagt: Technikgeschichte ist Geschichte im vollen Sinne, keine bloße Entfaltung technischer Logik.

Bei der Erforschung deutscher Pfade in der Technik ist die Beziehung zur Wissenschaft von ganz besonderer Bedeutung und daher ein Leitmotiv dieses Buches; denn die Verwissenschaftlichung der Technik galt lange als typisch deutscher (später auch amerikanischer und sowjetischer) Weg. Fortschritt durch Verwissenschaftlichung der Technik war vom frühen 19. bis zum frühen 20. Jahrhundert geradezu eine deutsche Ideologie. Aber »Wissenschaft« ist ein mehrdeutiger Begriff, dessen Inhalt sich im Laufe der Wissenschaftsgeschichte wandelte. Man muss stets genau hinschauen, was mit »Verwissenschaftlichung« konkret gemeint ist. Eine einseitig theorielastige Technikentwicklung prallt irgendwann regelmäßig auf die Macht der Erfahrung: Gerade in der deutschen Technikgeschichte lassen sich solche Wellenbewegungen entdecken. Ganz besonders die Technikgeschichte der DDR bietet ein Lehrstück für eine Überschätzung des praktischen Wertes staatlich institutionalisierter Wissenschaft für die Technik, aus einem viel zu einseitigen Verständnis der deutschen Technikgeschichte heraus.

Zwischen Wissenschaft und Technik besteht ein Grundwiderspruch im Erkenntnisinteresse: Das Gesetz der Wissenschaft ist das Streben nach Erkenntnis, dasjenige der Technik die Entwicklung brauchbarer Artefakte. Und doch: Das ist nicht alles. Utilitaristische Interessen haben die wissenschaftliche Kreativität oft gefördert – gewiss häufiger, als die Lobbyisten der Grundlagenforschung zugeben. Martin Heidegger hat daran erinnert (obwohl es ihm nicht gefiel), dass die moderne Technik der modernen Wissenschaft historisch vorausgeht. Im Übrigen muss man unter »Wissenschaft« nicht nur das verstehen, was an den Universitäten betrieben wird. Der Geist methodisch exakter und systematischer experimenteller Forschung wirkt auch in Industrielabors; diesen verdankt nicht nur die Technik, sondern auch die Wissenschaft wichtige Impulse.

Der wohl einflussreichste neue Trend der letzten zwei Jahrzehnte, in der Technikgeschichte wie in den Sozialwissenschaften generell, ist der *Konstruktivismus*: Technik weder als Ausgeburt einer technischen Logik noch eines ökonomischen Kalküls, sondern als soziales Konstrukt, das – aus Wortfiguren entsprungen – zuerst in Sprachgebilden Gestalt annahm, bevor es sich materialisierte. Für Technikhistoriker besitzt dieser neue »Turn« den strategischen Vorzug, dass er sie aus dem geistigen Ghetto in den sozialwissenschaftlichen »Mainstream«

zu katapultieren und obendrein ihre Geschichte geistvoller zu machen verspricht. Technische Lösungen – so die Prämisse – entstehen in kommunikativen Prozessen und werden zwischen den Beteiligten ausgehandelt.

Kein Zweifel: Als Arbeitshypothese ist diese Prämisse für die Forschung produktiv. In gewissem Sinne führt sie sogar die Technikhistorie zur Selbsterkenntnis; denn diese hat sich seit eh und je lieber auf Worte als auf stumme Dinge gestützt, ist jedoch mit ihren Texten längst nicht immer quellenkritisch umgegangen und hatte für die Eigenart der Wortfiguren oft keinen Blick. Wenn in den Salinen des 18. Jahrhunderts, die noch keine Kurbäder, sondern Salzproduzenten waren, der Bau von Gradierwerken mit dem »so entsetzlich einreißenden Holzmangel« begründet wurde – durch das Tröpfeln von den Gradieranlagen wurde der Salzgehalt der Sole angereichert und auf diese Weise Brennstoff beim Versieden eingespart –, muss man erst einmal begreifen, dass es sich bei diesem Alarm um einen Topos jener Zeit handelte: Diese Erkenntnis wurde mir einst zum Aha-Erlebnis und zum Ausgangspunkt für einen neuen revisionistischen Zugriff auf die Geschichte des Faktors Holz in der vor- und frühindustriellen Technik.

Besonders beispielhaft hat David Gugerli in seinen *Redeströmen* (1996), der Entstehungsgeschichte der schweizerischen Elektrifizierung, auf konstruktivistischer Basis Technikgeschichte großen Stils geschrieben. Sein Thema war dafür ideal; denn die frühe Elektrifizierung war ein wortreicher Prozess, mit viel suggestiver Reklame und visionären Ausstellungen. Später wirkte die Schweiz mit der alpinen Wasserkraft wie von der Natur für den »Kraftstrom« prädestiniert; in Wahrheit jedoch waren es nicht nur die Wasserfälle, sondern auch die Wortkaskaden, die dorthin geführt hatten. Auch in Deutschland bietet die Elektrifizierung ein Paradebeispiel dafür, wie die Durchsetzung eines neuen großen technischen Systems – des technischen »Netzwerks« par excellence – keiner rein technischen Logik folgt, sondern von Zukunftsentwürfen vorwärtsgetrieben wird, die zugleich die Lösung sozialer Probleme verheißen. Die ersten großen »Kraftzentralen« um 1900, die nicht lediglich der Stromversorgung der Straßenbahn dienten, mussten sich ein Abnehmernetz, durch das sie rentabel wurden, erst schaffen; sie reagierten keineswegs auf einen bereits vorhandenen Bedarf. Während Techniker mit ihrer sprichwörtlichen »Papyrophobie« gewöhnlich wortkarg sind, trat jetzt der Typus des eloquenten Elektropropheten auf den Plan, ob Walther Rathenau in Berlin oder Oskar von Miller in München.

Nur: Technik-»Diskurse« solcher Art sind beileibe nicht mit »herrschaftsfreier Kommunikation« à la Habermas zu verwechseln! Ebenso wenig sind sie identisch mit jenem »Diskurs« à la Foucault, der kein Subjekt hat, sondern sich durch die generative Kraft der Wortfiguren weitertreibt. Bei den »Kraftzentralen« ging es von Anfang an um Geld und Macht. Hohen Gewinnchancen stan-



Abbildung 3: Die Kunst des Hochradfahrers und zugleich der Konstruktivismus auf dem Prüfstand: Das Foto verrät die akrobatische Fähigkeit, die der Hochradfahrer benötigte, um auf das mannshohe Rad zu kommen und sich oben zu halten. Solange das Fahrrad keine Kettenübertragung besaß, musste das Tretrad immer höher werden, je schneller man radeln wollte; und je höher es war, desto besser federte es die Stöße ab, solange es keine Luftreifen hatte. Aber der Hochradfahrer musste kaltblütig sein wie ein Stuntman und gelenkig wie ein Gummimann: Es hieß, auf jeder Tour habe er mehrere Kopfstürze erlitten. Konstruktivisten erklären die Hochrad-Ära damit, dass sich die damaligen Radler ihr Hochrad im Kopf konstruiert hätten: Es seien waghalsige Sportler gewesen, die Aufsehen erregen und auf ihre Mitmenschen herabschauen wollten. Daher hätten sie die Tücken des Hochrads nicht als zu lösendes Problem akzeptiert (Wiebe E. Bijker u.a. Hg., *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, Mass. 1987). Als jedoch um 1890 das Niederrad kam, setzte es sich schlagartig durch, und binnen kurzer Zeit verschwanden die Hochräder von den Straßen, obwohl typische Radler nach wie vor Sportsfanatiker waren. Da spricht einiges für die Erklärung aus Technik und körperlicher Natur: Luftreifen und Kettenübertragung machten das Niederrad möglich; dieses ist viel sicherer und bequemer als das Hochrad, und Stürze aus der Höhe tun weh, egal wie es mit dem soziokulturellen Kontext steht.

den in der ersten Zeit erhebliche Verlustrisiken gegenüber. Regionale Versorgungsmonopole haben diese Risiken minimiert. Im Titel des Pionierwerkes von Thomas Hughes über die Elektrifizierung von Berlin, London und Chicago: *Networks of Power* (1983) ist »Power« durchaus doppelsinnig zu verstehen: als elektrische Energie, aber auch als Macht. Die Kraftwerke gehören mitsamt ihren Netzen zu den größten industriellen Machtkomplexen des 20. Jahrhunderts. Bevor sie durch den Atomkonflikt in die Scheinwerfer der Öffentlichkeit gerieten, liebten sie die Unauffälligkeit, ja entwickelten eine ausgeprägte Öffentlichkeitsscheu. Da muss der Diskurshistoriker, der sich nicht an bloßem Wortgeklingel ergötzt, sondern im Geiste Foucaults an den Nerv der Macht rühren will, zum Detektiv werden. Allein über die veröffentlichten »Diskurse« gelangt man an die Arkana der Energiewirtschaft nicht heran. Da könnte man sich einbilden, wir lebten längst in der Ära der erneuerbaren Energien!

Ein klassisches Beispiel dafür, was die Diskursgeschichte leistet und wo sie in die Irre führt, bietet die Geschichte der Kernenergie, einst mein Einstieg in die Technikgeschichte. Zuerst wollte ich meine Habilitationsschrift über *Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft* (1983) ähnlich wie meine Vorgänger nach den vier Atomprogrammen gliedern. Erst durch das Aktenstudium und durch Gespräche mit einstigen Akteuren begriff ich, dass diese Programme bloßes Papier waren: Pflichtübungen für Parlament und Finanzministerium, während die reale Entwicklung anderen Regeln folgte. Da gliederte ich die Atomgeschichte in zwei Großperioden ganz anderer Art: in die »spekulative Phase« und in die Ära der Schaffung vollendeter Fakten. Mir wurde klar: Die entscheidende Wende kam in dem Moment, als die Kernenergie nicht mehr nur in Worten, Programmen, Projektionen existierte, sondern ganz massiv-real in Großkraftwerken, die die »normative Kraft des Faktischen« und den Sog der investierten Milliarden in Gang setzten.

Bei der »Atomzeitalter«-Euphorie der 1950er Jahre muss man sich in der Tat bewusst machen – und viele Zeitgenossen haben das nicht begriffen –, dass das »friedliche Atom« eine Worthülse war, keine Realität. Damals gab es nirgends auf der Welt ein auch nur halbwegs rentables ziviles Kernkraftwerk. Jene Kernenergie, die im Diskurs jener Jahre verbale Gestalt annahm, war billig, unerschöpflich, umweltfreundlich, eine Gegenwelt zur atomaren Bombentechnik und so weit zu miniaturisieren, dass auch arme und dünn besiedelte Regionen der Dritten Welt endlich ihre ideale Energiequelle bekamen. Nur, der springende Punkt ist eben der, dass dieses Diskurskonstrukt »Kernenergie« nicht die wirkliche Kernenergie war. Das offenbarte sich in der Ära der vollendeten Fakten.

Im Unterschied zu abgehobenen Seminardiskursen über »reflexive Modernisierung« stoßen Technikdiskurse gerade dann, wenn sie praktische Wirkung haben, über kurz oder lang auf die Eigenmacht der Dinge: auf die Wirklichkeit

der Wirklichkeit. Die Atomkraftgegner der siebziger Jahre brauchten nichts weiter zu tun, als die einstigen »Atomzeitalter«-Ideale gegen die real existierende Kerntechnik zu wenden. Die größte Wut entsteht oft aus enttäuschter Liebe: In dem erbitterten Protest der siebziger Jahre spiegeln sich enttäuschte Hoffnungen der fünfziger Jahre, besonders krass in der Gestalt eines Robert Jungk, der sich vom Herold der Atomforschung, der die Legende vom passiven Widerstand der deutschen Atomforscher gegen das NS-Atombombenprojekt in die Welt setzte, zur schrillen Cassandra wandelte.

Gewiss wäre es unfair, bei alledem zu verkennen, dass sich mit konstruktivistischen Arbeitshypothesen in der Technikgeschichte so manches entdecken lässt und man mitunter zu Pointen mit politischer Brisanz gerät. Selbst in vielen technischen Details der Kernkraftwerke – gerade auch im Bereich der Sicherheitsvorkehrungen – sucht man vergebens nach einer puren Eigenlogik der Naturgesetze, so wie sie sich der Nichttechniker vorstellt, sondern stößt immer wieder auf Normen, die nicht direkt aus Forschungsergebnissen deduziert werden können, sondern ausgehandelt werden müssen. Kein anderer als der langjährige Atomminister Balke, von Hause aus Chemiker, erklärte unverblümt, man dürfe sich nicht einbilden, Toleranzgrenzen für Emissionen ließen sich naturwissenschaftlich begründen.

Die Crux besteht jedoch darin, dass derartige Aushandlungsprozesse gar nicht leicht zu identifizieren und empirisch zu belegen sind. Nach außen beruft man sich auf die Autorität von Experten; in aller Regel geschehen die Aushandlungsprozesse hinter verschlossenen Türen und sind selten auf eine ohne Weiteres transparente Weise schriftlich fixiert. Wieder: Der echte Diskurshistoriker im Geiste Foucaults muss detektivischen Spürsinn entwickeln und dechiffrieren können. Wo der Konstruktivismus stattdessen zur Ideologie wird, die die Existenz stummer Realitäten verleugnet und sich mit Paraphrasen von ein paar Schriften begnügt, verkommt er von einer Forschungs- zu einer Forschungsvermeidungsstrategie.

Friedrich Theodor Vischer (1807–1887), Professor am Stuttgarter Polytechnikum, prägte in seinem Roman *Auch einer* (1879) das Wort von der »Tücke des Objekts«. Auch das gehört zu den Leitmotiven einer realistischen Technikgeschichte. Und auch das Sprichwort vom »Teufel im Detail«. Wieder ist die Kerntechnik paradigmatisch, zumal sie durch den Atomkonflikt schärfer durchleuchtet worden ist als alle anderen neuen Technologien. Die Sicherheit von Kernkraftwerken hängt eben nicht nur an atomphysikalischen Theorien, sondern mehr noch an oft unscheinbaren Details, ganz besonders an der Beständigkeit bestimmter Materialien, und es war ein entscheidender Fortschritt der vordem nicht sehr philosophischen »Sicherheitsphilosophie«, solche Kriterien einzubeziehen.

Das wirft ein Licht darauf, wie sehr der Technikhistoriker nach wie vor einen scharfen Blick für technische Details braucht. Begnügt er sich mit der semantischen Analyse der Wortfiguren, verkennt er die Tücke des Objekts. Und er bemerkt nicht, dass es in der Öffentlichkeit auch nicht wenige Technikdiskurse mit dürftigem Realitätsbezug gegeben hat, ob über Roboter, Automatisierung, Kybernetik, Mensch-Maschine-Hybride oder künstliche Intelligenz. Gerade der allerneueste von der »digitalen Revolution« getragene Automatisierungsschub zeigt, dass mit den vollendeten Fakten typischerweise das große Schweigen beginnt, zumindest in der Öffentlichkeit. Aber genau da bekommt die neue Technik eine historische Tragweite!

Einst prophezeite Jacob Burckhardt, das 20. Jahrhundert werde eine Zeit der »terrible simplificateurs«, der schrecklichen Vereinfacher sein. In den heutigen deutschen Human- und Sozialwissenschaften haben wir jedoch eher das Problem der schrecklichen Komplizierer: in der sozialwissenschaftlichen Techniktheorie wie anderswo. Sidney Pollard begann seine Gutachten zu theorie- und jargonüberladenen Qualifikationsschriften mit Vorliebe mit der Bemerkung: »Im Grunde ist die These des Verfassers ganz einfach.« Das war in vielen Fällen charmant formuliert; denn nicht selten schrumpfte die Substanz der Arbeit im Klartext auf ein paar Banalitäten zusammen. Wer nicht viel zu sagen hat, neigt zu verbalen Eskapaden. Aber die Technikgeschichte ist kompliziert, gerade wenn man ins Detail geht; gerade deshalb muss man sich um einen möglichst klaren und einfachen Stil bemühen.

Die französischen Physiker Alan Sokal und Jean Bricmont spotteten über jenen »eleganten Unsinn« (*Fashionable Nonsense: Postmodern Intellectuals' Abuse of Science*, 1998), der entstehe, wenn Geisteswissenschaftler irgendwelche naturwissenschaftlichen Wortfiguren aufschnappen und zu bloßen Versatzstücken für modischen Pseudo-Tiefsinn machen. Wer nur mit Worten jongliert und dabei jeglichen Sinn für den Sinn verliert, fällt auf Unsinn herein. In der Tat, die Kluft zwischen den »zwei Kulturen« lässt sich nicht mit verbalen Tricks überbrücken. In dieser Hinsicht ist seit geraumer Zeit viel gesündigt worden.

Also: Machen wir Technikgeschichte verständlich! Aber da geraten wir an eine heikle Frage: Was bedeutet »verstehen« in der modernen Technik? Droysen machte das Verstehen einst zum Eckstein seiner Rechtfertigungslehre des Historikers: »Seine Gerechtigkeit ist, dass er zu verstehen sucht.« Auch das Wesen der alten Dampfmaschine konnte man in gewissem Maße verstehen: Sie verwandelte Wärme- in Bewegungsenergie. Damit inspirierte sie Generationen von Physikern zu Spekulationen über die Energie als universeller Triebkraft, ja Substanz technischer Prozesse. Aber wie steht es damit heute, wo wir vor den Bildschirmen sitzen? Seit zehn Jahren hantiere ich mit der Maus, ohne ihr Wesen zu verstehen. Gibt es da überhaupt etwas zu verstehen? Oder ist eben dies der Wesenszug der modernen Computer, dass man zwar mit ihnen arbeiten, sie

jedoch nicht verstehen kann – dass Kompetenz allein praktischen, nicht epistemologischen Charakter besitzt? Blockieren Humanwissenschaftler sich dadurch selbst, dass sie stets im alten Sinne zu verstehen suchen?

Mercedes Bunz, Jahrgang 1971, Mitbegründerin einer »Zeitung für elektronische Lebensaspekte«, beginnt ihre *Geschichte des Internet* – und da will sie wirklich Geschichte »erzählen« – mit der paradoxen Bemerkung: »Man muss von der Technik des Internet etwas verstehen, um sich und andere dabei beobachten zu können, auf welche Ideen sie kommen, wenn es nicht darum geht, es zu verstehen, sondern es zu nutzen.« Wieder: Versuchen wir Technikgeschichte zu verstehen, und sei es nur deshalb, um Denkanstöße zu bekommen und zu stützen, wenn wir Technik benutzen – ein wissenschaftswürdiges Projekt ist das Verstehen ja nur dort, wo es ins Stolpern gerät und mit dem Nicht-Verstehen ringt.

Last but not least: Technikgeschichte ist als menschliche Geschichte, nicht als fetischistischer Kult der Dinge, ganz zentral Geschichte der *Arbeit*. Die Arbeitserfahrung ist weit mehr als die physikalische Theorie das historisch-prozesuale Element in der Technik. Dafür in der dünnen Seminarluft ein Gespür zu behalten, das verdanke ich am allermeisten meinem alten Freund und langjährigen Mitarbeiter Thomas Gorsboth und dessen vieljähriger Erfahrung in der Beratung von Betriebsräten und in Konflikten um das Arbeitsrecht. Er hat vor über 20 Jahren die Entstehung der Erstfassung dieses Buches begleitet, und nicht zuletzt ihm und auch seiner intimen Kenntnis der neuen Arbeitswelt verdanke ich es, wenn ich bei dieser Materie wieder Feuer gefangen habe und sie mich nicht loslässt.

2. Der langsame Fortschritt der Dampfmaschine oder: Technik als Triebkraft und Technik als Sensation

»Es komme der Dampf, und alles im Okzident wird wie durch Zauber beschleunigt werden«: So schließt Braudel ein Kapitel seiner berühmten Zivilisationsgeschichte, das die Energie als »Schlüsselproblem« der frühen Neuzeit interpretiert. »Die Dampfmaschine war der Prinz, der das Dornröschen Industrie aus ihrem Schlummer erweckte«: so Matschoß in seiner Geschichte der Dampfmaschine (1901), dem Gründer-Opus der deutschen Technikgeschichtsschreibung. Die Dampfmaschine sei das »primum mobile der Fabrik-Industrie«, schrieb die *Allgemeine Preußische Staatszeitung* 1822, wobei sie dem Dampf die Stelle zuwies, die früher Gott im mechanistischen Weltbild eingenommen hatte.¹ All dies entspricht einer populären Vorstellung, in der die Technik nicht nur aus Einzelmaschinen besteht, sondern in ihrer Gesamtheit eine Mega-Maschi-