



Technologieversprechen Künstliche Intelligenz. Vergangene und gegenwärtige Konjunkturen in der Bundesrepublik

Hartmut Hirsch-Kreinsen · Thorben Krokowski

Angenommen: 17. Oktober 2023 / Online publiziert: 27. Oktober 2023
© The Author(s) 2023

Zusammenfassung Die Fragestellung des Beitrages ist, wie das Auf und Ab der Entwicklung der Künstlichen Intelligenz seit ihrem Anbeginn an zu erklären ist. Dabei richtet sich der Fokus auf die Entwicklung der Künstlichen Intelligenz in der Bundesrepublik seit den 1970er-Jahren sowie hier besonders auf ihre gegenwärtige Dynamik. Es wird davon ausgegangen, dass allein der Verweis auf die schnellen Fortschritte der Informationstechnologien und der verschiedenen Methoden und Konzepte der Künstlichen Intelligenz der letzten Jahrzehnte diese Dynamik nicht zureichend erklären kann. Denn aus sozialwissenschaftlicher Sicht handelt es sich dabei um eine verkürzte technikzentrierte Erklärung. Mit Rückgriff auf Überlegungen aus der sozialwissenschaftlichen Innovationsforschung lässt sich vielmehr die These begründen, dass Künstlichen Intelligenz als „promising technology“ zu verstehen ist. Derart aufgefasst, wird Künstliche Intelligenz in ihren verschiedenen Entwicklungsphasen stets erneut von Technologieversprechen über ihre besondere Leistungs- sowie Problemlösungsfähigkeit für ökonomische und gesellschaftliche Herausforderungen getrieben. Das gilt verstärkt für den seit den 2010er-Jahren anhaltenden KI-Hype, der durch „solutionistische“ Hoffnungen mit Blick auf die ökologische Krise einerseits und durch das Vordringen von KI-Software ins Alltagsleben andererseits präzedenzlose Ausmaße erreicht hat. Auch wenn der nächste „KI-Winter“ wohl nicht bevorsteht, deuten vergangene Erfahrungen darauf hin, dass sich auch in diesem Fall weder sämtliche Technologieversprechen noch -befürchtungen erfüllen werden.

✉ Hartmut Hirsch-Kreinsen

Sozialforschungsstelle Dortmund, Fakultät Sozialwissenschaften, Technische Universität Dortmund,
Evinger Platz 17, 44339 Dortmund, Deutschland
E-Mail: Hartmut.hirsch-kreinsen@tu-dortmund.de

Thorben Krokowski

Sozialforschungsstelle Dortmund, GRK 2193, Technische Universität Dortmund, Evinger
Platz 17, 44339 Dortmund, Deutschland
E-Mail: Thorben.krokowski@tu-dortmund.de

Schlüsselwörter Künstliche Intelligenz · Technologieversprechen · Innovationspolitik · Technikutopie

Artificial Intelligence as a promising technology. Past and present trends in the Federal Republic

Abstract The question addressed in this paper is how to explain the ups and downs in the development of Artificial Intelligence since its inception. The focus is on the development of Artificial Intelligence in the Federal Republic of Germany since the 1970s, with particular attention to its current dynamics. It is assumed that simply attributing this dynamism to the rapid advances in information technology and the various methods and concepts of Artificial Intelligence over the past decades is not sufficient, for, from a sociological perspective, this approach represents a limited, technology-centered explanation. Drawing on insights from the social science field of innovation research, it is argued that Artificial Intelligence should be understood as a “promising technology”. Looked at in this way, Artificial Intelligence, in its various developmental phases, is repeatedly driven by promises of its exceptional performance and problem-solving capabilities for economic and societal challenges. This applies particularly to the ongoing AI hype since the 2010s, which has reached unprecedented proportions due to “solutionist” hopes regarding the ecological crisis on the one hand, and the widespread integration of AI software into everyday life on the other hand. While the next “AI winter” may not be imminent, past experiences suggest that not all technological promises or fears will be fully realized in this case either.

Keywords Artificial intelligence · Promising technology · Innovation policy · Techno-utopianism

1 Das Auf und Ab der KI-Entwicklung: Einführung

Die kurze Geschichte der Künstlichen Intelligenz (KI) bzw. Artificial Intelligence (AI), deren Beginn grob auf die Mitte der 1950er-Jahre in den USA datiert wird, lässt sich als eine Aufeinanderfolge von Aufschwung- und Krisenphasen beschreiben. Insofern Letztere als „KI-Winter“ (Teich 2020; Toosi 2021) bezeichnet werden, könnte man von sich abwechselnden Zyklen sprechen, wobei auf jede Ekstase eine Phase der Ernüchterung folgte. Spätestens seit den 2010er-Jahren lässt sich allerdings ein kontinuierlicher Aufschwung der KI-Entwicklung beobachten, und von einem baldigen Winter ist aller Erfahrung zum Trotz weit und breit nichts zu sehen. Damit einher geht die Diffusion dieser Technologie in verschiedenste gesellschaftliche Anwendungsfelder. Zudem ist KI Gegenstand eines intensiven innovationspolitischen und öffentlichen Diskurses, der zeitweise den Charakter eines „Hypes“ annimmt. Dies gilt insbesondere für den Zeitraum seit Ende 2022, als das Große Sprachmodell „ChatGPT“ und verwandte Systeme einer größeren Öffentlichkeit vorgestellt worden sind.

Der dynamische und oftmals widersprüchliche Verlauf der KI-Entwicklung ist seit langer Zeit Gegenstand breiter Forschungen und ausführlicher Debatten (vgl. u. a. Ahrweiler 1995a; Nilsson 2010; Russell und Norvig 2010; O'Donnell 2019; Lohman 2020; Görz et al. 2021). Dass Versprechungen, Erwartungen und Narrative die KI-Entwicklung prägen, zeigen die Ergebnisse einer Reihe nicht nur kritischer Studien über die Entwicklungsgeschichte der KI (vgl. u. a. Cyranek und Coy 1994; Buchanan 2006; Brödner 2019; Larson 2021). Einerseits handelt es sich um Versprechungen, die sich angesichts nur beschränkter Leistungsfähigkeit und hoher Anwendungsprobleme der jeweils verfügbaren KI-Systeme und Methoden als überzogen erweisen. Resultat sind oftmals „Erwartungsenttäuschungen“ wichtiger beteiligter Akteure (Ahrweiler 1995a, S. 22) und ihr Rückzug aus dem Technologiefeld. Andererseits bietet die schnelle und ganz offensichtlich dynamische Entwicklung der KI stets wieder Anlass für neuerliche Versprechungen, die mit großer Überzeugungskraft die Erwartungen und das Interesse vieler Akteure und der interessierten Öffentlichkeit an dieser Technologie wecken. Als zentrale Faktoren werden hierbei besonders die in den letzten Jahren massiv gestiegene Leistungsfähigkeit und Rechenkapazitäten von Computern, die Entwicklung nutzbarer komplexer KI-Konzepte wie Neuronaler Netze und schließlich Big-Data-Methoden und die Verfügung über große Datenmengen besonders über das Internet angeführt (Görz et al. 2021; Roser 2022).

Diese Interpretation begreift die informationstechnologische Entwicklung als den primären Bestimmungsfaktor der KI-Dynamik. Ohne Frage kommt diesem Faktor eine zentrale Bedeutung zu. Jedoch handelt es sich dabei um eine informationswissenschaftliche und technikzentrierte Sicht. Soziale und gesellschaftliche Bedingungen der KI-Dynamik hingegen werden nicht systematisch berücksichtigt. Demgegenüber belegt die sozialwissenschaftliche Technik- und Innovationsforschung seit langer Zeit, dass soziale und gesellschaftliche Bedingungen mit technischen und eben auch informationstechnologischen Entwicklungen in enger Wechselwirkung stehen, diese beeinflussen und teils erst ermöglichen. Darüber hinaus werden gerade auch die mit der Technikentwicklung verknüpfte Orientierung sowie die Zielsetzungen und Erwartungen nicht technisch, sondern sozial konstituiert (grundlegend hierzu z. B.: Bijker et al. 1987).

Daran anknüpfend soll im Folgenden gefragt werden: Wie ist das Auf und Ab der KI-Entwicklung aus sozialwissenschaftlicher Sicht zu erklären? Welche Faktoren und Mechanismen bestimmten die Dynamik der KI in ihren verschiedenen Phasen, und inwieweit weisen diese ähnliche oder divergierende Verlaufsmuster auf? Schließlich: Warum ist das wissenschaftliche und öffentliche Interesse an der KI insbesondere nach dem Auftreten von Phasen des Abschwungs nicht dauerhaft zum Erlahmen gekommen? Nachgehen werden wir diesen Fragen am Beispiel der KI-Entwicklung in der Bundesrepublik. ¹ Sie beginnt in den 1970er-Jahren und ist

¹ Der Beitrag fasst die zentralen Ergebnisse einer Expertise zum Thema „Dynamik der Künstlichen Intelligenz“ zusammen, die in den Jahren 2021 und 2022 bearbeitet wurde. Sie stand im Kontext des vom BMBF geförderten Projektes „KI – Mensch – Gesellschaft“ (KI.Me.Ge.), das bis Ende 2022 am Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e. V. (ISF München) durchgeführt wurde (vgl. dazu ausführlich Hirsch-Kreinsen 2023).

dabei nicht immer eindeutig von der internationalen KI-Entwicklung abzugrenzen, da sie mit dieser von Anbeginn eng verknüpft ist. Sie durchläuft unterschiedliche Konjunkturen und ist, wie die internationale Entwicklung generell, etwa seit Beginn der 2010er-Jahre von einer schnellen wissenschaftlichen und technologischen Entwicklung und einem intensiven politischen und öffentlichen Diskurs geprägt.²

Methodische Basis der Argumentation ist zum einen eine laufende Analyse der Diskurse über KI. Hierbei wird insbesondere auf die Auswertung einer großen Zahl von „grauen“ Dokumenten, Preprints, politischen Verlautbarungen, Websites und Fachpublikationen Rückgriff genommen, die alle sowohl dem nationalen als auch dem internationalen Kontext entstammen. Zum anderen bedient sich die Analyse einer Reinterpretation vorliegender eigener Forschungsergebnisse über den gesellschaftlichen Digitalisierungsprozess der letzten Jahre. Schließlich werden die Ergebnisse von 16 Leitfadeninterviews mit KI-Expert:innen aus Wirtschaft und Wissenschaft, die zwischen Oktober 2021 und Februar 2022 durchgeführt worden sind, als Materialbasis im Analyseprozess hinzugezogen.³

2 KI als „promising technology“

Ohne Frage ist die schnell fortschreitende informations- und datentechnologische Entwicklung eine notwendige Voraussetzung für die Dynamik der KI, insofern dadurch technologische Restriktionen für die Realisation von KI-Systemen kontinuierlich überwunden, neue Nutzungsmöglichkeiten eröffnet und die Grenzen ihrer Anwendung hinausgeschoben werden. Freilich handelt es sich dabei um technologische Potenziale, die aus soziologischer Sicht allein noch keine zureichende Erklärung für die verschiedenen Verlaufsmuster der KI-Dynamik sind. Die sozialwissenschaftliche Technikforschung ist sich weitgehend einig darin, dass technikdeterministische Auffassungen derlei Art als soziologisch unterkomplex zu verwerfen sind. Vielmehr werden, so die vorherrschende Auffassung, Verlauf und Ergebnisse technologischer Innovationen von sozialen Bedingungen, maßgeblich von interessen geleiteten Entscheidungen involvierter Akteure geprägt. Wie die Innovationsforschung dabei seit längerem überzeugend zeigt, sind Entscheidungen über Innovationen stets von in eine ungewisse Zukunft gerichteten *Erwartungen* geprägt (Borup et al. 2006; Konrad 2006; Rip 2018).

² Zur Historie der KI in der Bundesrepublik liegen Studien unterschiedlicher Provenienz vor, darunter vor allem die wissenssoziologische Studie von Petra Ahrweiler (1995a, b), der technikhistorische Ansatz von Seising und Dittmann (2018) sowie Rückblicke früher beteiligter Informatiker, wie z. B. Konrad (1998), Siekmann (2009) und Bibel (2006; 2014). Zur internationalen Entwicklung vgl. z. B. die umfassende Studie von Nilsson (2010).

³ Dabei handelt es sich um zehn grundlagen- und anwendungsorientierte Wissenschaftler:innen sowie sechs KI-Expert:innen aus KI-nahen Wissenschaftsdisziplinen und Anwendungsfeldern. Hervorzuheben ist, dass sich darunter drei Emeriti aus der ersten Generation der KI-ler der Bundesrepublik befanden. Die Interviews mit den Expert:innen wurden online durchgeführt und dauerten mindestens eine Stunde, oft waren sie deutlich länger. Sie umfassten teilweise mehrere Feedbackrunden zur Klärung offener Fragen oder zur Diskussion erster Thesen. Mit drei Expert:innen konnten in einer zweiten ausführlichen Interviewrunde einzelne Fragestellungen vertieft werden. Die Interviews wurden entsprechend der bekannten Regeln qualitativer Sozialforschung aufgezeichnet und ausgewertet.

Präzisiert werden kann dieses Argument mit dem Konzept der „promising technology“ (van Lente und Rip 1998; Bender 2005). Die These ist, dass sich Akteure bei ihren Entscheidungen, an einer Technologieentwicklung teilzunehmen, an einem zunächst noch sehr allgemeinen Technologieversprechen orientieren, das mit dieser erst noch zu entwickelnden Technologie verknüpft wird. Ein Technologieversprechen ist als Narrativ zu verstehen, das interessierten Akteuren eine Vision offeriert, einen Weg für Innovations- und Forschungsperspektiven eröffnet und Erwartungen mit Blick auf zukünftige Anwendungspotenziale begründet. Es ist die Voraussetzung dafür, weitere Akteure anzusprechen, sie in den Innovationsprozess einzubinden, ihr Handeln zielgerichtet zu koordinieren sowie Innovationsressourcen zu mobilisieren und Investitionen in Forschung und Entwicklung zu initiieren. Zugleich aber muss ein Technologieversprechen aus der Sicht der angesprochenen Akteure und Öffentlichkeit trotz seines generellen Charakters in einsichtiger Weise mit dem Stand der Forschung und den verfügbaren technologischen Potenzialen verknüpft sein. Es muss insofern daran anknüpfen, als es bislang nicht genutzte, aber für die Adressat:innen als möglich und aussichtsreich zu verstehende Innovationspotenziale aufzeigt (Hirsch-Kreinsen 2023, S. 17f.). Salopper formuliert: Es darf nicht Gefahr laufen, als bloßes Hirngespinnst einiger „Technikfreaks“ abgetan zu werden. Auf diese Weise wird ein sich wechselseitig verstärkender Prozess zwischen der Konkretisierung des Versprechens, dem Entwurf einer Innovationsagenda und Schritten hin zu einer konkreten Technologieentwicklung angestoßen. Das Ergebnis hieraus ist die Emergenz eines neuen *soziotechnischen Feldes*. Konstitutiv für ein soziotechnisches Feld ist der Fokus der beteiligten Akteure auf eine bestimmte Technologie und ihre Entwicklungsperspektiven.⁴

Daran schließt die These der folgenden Argumentation an: Die KI-Dynamik wird in ihren verschiedenen Entwicklungsphasen stets von jeweils erneuerten und modifizierten Technologieversprechen über ihre besondere Leistungsfähigkeit und Problemlösungsfähigkeiten für soziale und ökonomische Herausforderungen getrieben. Zwar werden die Versprechungen mehr oder weniger plausibel mit dem jeweiligen Stand der Forschung und erwarteter technologischer Potenziale begründet. Jedoch mangelt es oftmals an konkreten Anwendungserfahrungen, sodass die Versprechungen einen wenig konkreten Charakter haben, ja es sich durchaus um technologische Utopien handelt. Solche von einflussreichen und an der Technologie interessierten Akteuren vorgebrachte und jeweils fortgeschriebene Technologieversprechen haben die KI-Dynamik in ihren verschiedenen Phasen stets maßgeblich angestoßen, geprägt und vor allem aufrechterhalten.

⁴ Mit dem Feldbegriff werden in institutionentheoretischer Perspektive jene Organisationen bezeichnet, „die gemeinsam einen abgegrenzten Bereich des institutionellen Lebens konstituieren: die wichtigsten Zulieferfirmen, Konsumenten von Ressourcen und Produkten, Regulierungsbehörden sowie andere Organisationen, die ähnliche Produkte oder Dienstleistungen herstellen bzw. anbieten“ (DiMaggio und Powell 2000, S. 149).

3 Künstliche Intelligenz: Ein unpräziser Sammelbegriff

Wenn im Folgenden von *der* KI gesprochen wird, handelt es sich um einen recht unpräzisen Sammelbegriff. Denn es ist bis heute schwierig, eine allgemein anerkannte Definition von KI zu finden. Erstmals geprägt wird dieser Begriff bei einer als die „Geburtsstunde der KI“ bezeichneten Konferenz am Dartmouth College, New Hampshire, im Jahr 1956. Der Initiator dieser Konferenz, der Mathematiker und Informatiker John McCarthy, gilt als der „Gründungsvater“ der KI, der auf der besagten Konferenz den Begriff *Artificial Intelligence* erstmals eingeführt hat (Konrad 1998; Koehler 2021).

Zur Begriffsklärung kann in erster Näherung festgehalten werden: „Künstliche Intelligenz‘ ist eine wissenschaftliche Disziplin, die das Ziel verfolgt, menschliche Wahrnehmungs- und Verstandesleistungen zu operationalisieren und durch Artefakte, kunstvoll gestaltete technische – insbesondere informationsverarbeitende – Systeme verfügbar zu machen“ (Görz et al. 2021, S. 2). Dabei werden von der KI zwei grundlegende Ziele verfolgt: zum einen die Konstruktion intelligenter Systeme, die bestimmte menschliche Wahrnehmungs- und Verstandesleistungen maschinell verfügbar und praktisch nutzbar machen, und zum anderen die kognitive Modellierung, d. h. die Simulation kognitiver Prozesse durch Informationsverarbeitungsmodelle.

Wie dabei anklingt, ist die forschungsleitende Idee der KI die „Informationsverarbeitungs-These“ (Ahrweiler 1995a, S. 15). Diese besagt, dass kognitive Leistungen des Menschen das Ergebnis von Informationsverarbeitungsprozessen und menschliches Denken als ein formalisierbarer Eingabe-Ausgabe-Prozess anzusehen sind. KI zielt entsprechend darauf, ein solches System mit Hilfe von Computertechnologien, gleich welcher Art, technisch zu reproduzieren und letztlich als technisches System in verschiedensten sozialen und ökonomischen Bereichen anwendbar zu machen. Resümiert man die Literatur, so kann diese These als mehr oder weniger akzeptierter „shared belief“ (ebd., S. 18) der KI-Wissenschaft angesehen werden. Daher wird von vielen KI-Forscher:innen die Fähigkeit eines Systems, selbstgestellte Ziele zu erreichen, als sehr entscheidendes Kriterium für eine generelle Definition von KI angesehen. Zugleich ist dieses Kriterium jedoch immer wieder Gegenstand zahlreicher kritischer Kontroversen.

Konkret umfasst die KI ein weites Feld verschiedener Konzepte und Methoden, die in verschiedenen Entwicklungsphasen ebenso unterschiedliche Relevanz besitzen.⁵ Zu nennen sind, sehr verkürzt, Methoden der symbolbasierten KI und der heuristischen Suche (1970er-Jahre), Expertensysteme (1980er-Jahre), klassisches Maschinelles Lernen und beginnende Robotik (1990er-Jahre), Künstliche Neuronale Netze und das sogenannte Deep Learning (seit den 2010er-Jahren) und die Großen Sprachmodelle bzw. sogenannten generativen Systeme wie die verschiedenen GPT-Varianten (aktuell). Diese Konzepte gehen teilweise auf historisch weit zurückliegende, grundlegende Entwicklungen zurück, die erst sehr viel später wieder aufgegriffen und realisiert wurden. So basieren die vielfach als modern angesehenen

⁵ Vgl. zum Folgenden den Einführungsaufsatz im instruktiven Lehrbuch über die KI von Görz et al. (2021, S. 11 ff.) und zur Vertiefung der Themen die einzelnen Kapitel ebenda.

Konzepte Neuronaler Netze auf in den 1940er-Jahren entworfenen mathematischen Modellen und ersten Entwicklungsansätzen aus den 1950er-Jahren.

4 Visionen und kommerzielle Versprechungen: Die ersten vier Entwicklungsphasen

Eng verknüpft mit der KI-Entwicklung in den USA und teilweise in Großbritannien seit den 1950er-Jahren beginnt sich die KI in der Bundesrepublik als Wissenschaftsdisziplin in den 1970er-Jahren zu etablieren. Gemessen an Merkmalen wie der Art des Technologieverprechens, den beteiligten Akteuren, den Schwerpunkten der wissenschaftlichen und technologischen Entwicklung und dem jeweils erreichten Grad der Institutionalisierung eines soziotechnischen Feldes der KI lassen sich für den Zeitraum bis ca. 2010 vier Entwicklungsphasen unterscheiden: die 1970er-Jahre als Frühzeit in der Nischenexistenz, die 1980er-Jahre als erste Phase der Kommerzialisierung, die Zeit um 1990 als „KI-Winter“ sowie die darauffolgende Konsolidierungsphase.

4.1 1970er: KI in der wissenschaftlichen Nische

Die 1970er-Jahre lassen sich als erste Phase der KI-Entwicklung in der Bundesrepublik identifizieren. Sie wird angestoßen von Visionen über die zukünftigen Potenziale der KI aus den USA sowie mit Abstrichen aus UK. Diese werden von einer kleinen Gruppe von Nachwuchswissenschaftler:innen aufgegriffen, die in diesem Forschungsfeld große Zukunftschancen sehen. Diese Gruppe wird treffend als „Invisible College“ (Ahrweiler 1995a) bezeichnet. Es handelt sich um eine Gemeinschaft von Wissenschaftler:innen, die über mehr oder weniger ausgeprägte gemeinsame Orientierungen verfügen, informelle Kontakte pflegen, sich über ihre Forschungs-ideen und Perspektiven locker austauschen, indes zu Beginn ihrer Aktivitäten in der Öffentlichkeit so gut wie nicht präsent sind. Sie agieren vielmehr über lange Zeit in einer Nische innerhalb der schon etablierten Informatik, die durch die ersten EDV-Programme der Bundesregierung gefördert wird. Das Interesse dieser Gruppe richtet sich primär auf die Entwicklung der Wissenschaftsdisziplin, wobei drei Forschungsstränge erkennbar sind: Zum Ersten die Themenfelder Deduktion und Theorembe-weise, zum Zweiten an KI-Ideen orientierte Sprachverarbeitungsprojekte, und zum Dritten arbeitet eine Gruppe von Physiker:innen und Regelungstechniker:innen an Themen der Bildverarbeitung und Mustererkennung.

Der erste Schritt zu einer Institutionalisierung der frühen KI in der Bundesrepublik kann auf Februar 1975 datiert werden, als am Institut für Informatik der Universität Bonn ein erstes organisiertes Treffen „Künstliche Intelligenz“ von etwa 30 Wissenschaftlern stattfindet. Rückblickend wird festgehalten, dass dieses Ereignis für die KI in der Bundesrepublik einen entscheidenden Startpunkt darstellt (Konrad 1998), da bei diesem Treffen erstmals systematisch wissenschaftliche Perspektiven und Zielsetzungen der KI im Rahmen wissenschaftlicher Fachvorträge formuliert und präzisiert werden. Insbesondere aber wird ein kontinuierlich zu verschickender „Rundbrief“ verabredet, der über Forschungsaktivitäten informiert und als Ge-

sprächsforum dienen soll. Der erste Rundbrief vom 25.05.1975 ist daher als das erste Schriftstück anzusehen, das die deutsche KI-Forschung dokumentiert. Als formales Gründungsdokument kann es als ein ausformuliertes Technologieversprechen der deutschen KI-Forschung interpretiert werden.

Bemerkenswert ist, dass die Entwicklung in Deutschland gemäß aller Expert:innenaussagen von der spätestens seit Ende der 1960er-Jahre in den USA und in UK vorgebrachten heftigen Kritik und großen Skepsis an Künstlicher Intelligenz kaum tangiert wird. Diese Kritik ist als Reaktion auf die nicht eingelösten großen Versprechungen aus der Anfangszeit der 1950er-Jahre zu verstehen. Die Folge ist der Beginn einer KI-Phase, die als erster internationaler „KI-Winter“ (Teich 2020) bezeichnet wird. Im Gegensatz dazu wird die Etablierung der KI in Deutschland weiter vorangetrieben. Dieser Prozess wird dadurch verstärkt, dass KI-Themen erstmalig größere außerakademische Resonanz in den öffentlichen Medien finden, wie etwa mit der Entwicklung eines Schachprogramms gegen Ende der 1970er-Jahre. Obendrein trifft die KI auf wachsende Aufmerksamkeit der staatlichen Wissenschafts- und Forschungspolitik. Die neuen Informationstechnologien und damit auch die frühe KI werden seinerzeit bereits als „moderne Schlüsseltechnologien“ und als entscheidender „Produktivfaktor“ für die zukünftige ökonomische und gesellschaftliche Entwicklung angesehen.⁶

4.2 Der kommerzielle Aufbruch in den 1980ern

Anfang der 1980er-Jahre beginnt eine Phase, die unisono als Beginn eines Aufschwungs der KI in der Bundesrepublik bezeichnet wird. Die Literatur spricht von einer „Aufbruchphase“ (Ahrweiler 1995a, S. 104ff.), einem „fulminanten Aufschwung“ (Bibel und Furbach 2018, S. 21) oder auch von einem „regelrechten Hype“ (Teich 2020, S. 277). Ausgangspunkt ist ein grundlegend erneuertes Technologieversprechen. Im Unterschied zum dezidiert wissenschaftlichen Schwerpunkt der 1970er-Jahre liegt der primäre Fokus allerdings nun auf kommerziellen Perspektiven und Nutzungsmöglichkeiten der KI.

Expliziert wird diese Perspektive erstmals bei der 10. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik im Herbst 1980 mit einem Vortrag des amerikanischen Informatikers Edward A. Feigenbaum über die Potenziale der symbolbasierten KI und die konkreten Potenziale von Expertensystemen. Feigenbaum gilt als Vater dieser Systeme (Buxmann und Schmidt 2021, S. 5). Er betont nicht nur die generell wachsende Bedeutung der Informatik, sondern vor allem auch die überaus große wirtschaftliche Bedeutung des damals so bezeichneten „knowledge based approach“ der KI und darauf basierender Expertensysteme. Mit seinem Vortrag offeriert er konkrete Anwendungsperspektiven für die KI, die die Konfiguration und Fehleranalyse technischer Systeme ermöglichen sollen. Erwartet werden „große“ Entwicklungsfortschritte in Hinblick auf Methoden der Wissensrepräsentation, die komplexe Anwendungen wie die Erkennung von Sprache, Analyse und Synthese in der Chemie sowie die medizinische Diagnostik, Therapie und Prospektion in der Mineralogie (Görz et al.

⁶ So der damalige Forschungsminister, Hans Matthöfer (zit. n. Ahrweiler 1995a, S. 85).

2021, S. 8). Prognostiziert werden daher auch weitreichende ökonomische Effekte der erwarteten Nutzung von KI-Systemen (BMFT 1988).

Diese Prognosen konvergierten mit einem wachsenden Interesse der damaligen Forschungspolitik an der KI. Ein unmittelbarer Anstoß hierfür ist die 1982 gestartete japanische Forschungsinitiative der „Fifth Generation Computer Systems“, mit der faktisch ein internationaler Technologiewettbewerb in Hinblick auf Computer und KI eröffnet wird. Ziel dieser Initiative ist es, innerhalb von zehn Jahren eine Benutzeroberfläche für Computer auf der Grundlage der natürlichen Sprache zu schaffen – d. h. die Computer in die Lage zu versetzen, mit Menschen sprachlich zu interagieren. Eine forschungspolitische Reaktion auf den sich abzeichnenden internationalen Wettbewerb stellt in der Bundesrepublik das Förderprogramm „Informationstechnik“ der Bundesregierung dar, welches sich vornehmlich auf KI und KI-verbundene Themen wie Wissensverarbeitung und Mustererkennung fokussiert (Ahrweiler 1995b, S. 117 ff.). Daneben ist die Initiative der EU-Kommission zu einem Europäischen Förderprogramm für die Informationstechnologie zu nennen, die unter Beteiligung großer europäischer Elektronikkonzerne ins erste „European Strategic Programme for Research in Information Technologies“ (ESPRIT) von 1984 mündet. Mit seiner Laufzeit von fünf Jahren und einem Etat von 750 Mio. ECU wird dieses Programm noch heute als zentraler Einflussfaktor für die KI-Entwicklung angesehen (Bibel und Furbach 2018).

Daneben treffen das Technologieverprechen und die damit verschränkten politischen Aktivitäten auf eine wachsende Resonanz bei Unternehmen aus der IT- und Elektrotechnischen Industrie, die sich mit Fragen der KI und mit möglichen Anwendungen von Expertensystemen zu befassen beginnen. Das Spektrum der Unternehmen reicht von den damals bekannten Computerherstellern und elektrotechnischen Unternehmen wie IBM, Siemens-Nixdorf, AEG, Bull und Hewlett Packard über Softwarehäuser bis hin zu privaten Forschungseinrichtungen wie das damalige Battelle-Institut in Frankfurt am Main (McRobbie und Siekmann 1988). Teilweise richten die Unternehmen KI-Forschungsinstitute ein wie beispielsweise im Fall von IBM im Jahr 1985 und dessen „Institut für wissensbasierte Systeme“. Zudem beginnen sich Entwicklungskooperationen zwischen Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen zu etablieren. Initiiert werden sie teilweise durch damals neu eingeführte staatlich geförderte sogenannte Verbundprojekte, die kooperative FuE-Vorhaben fördern (Struss 2008).

In Hinblick auf eine fortschreitende Institutionalisierung der KI als Wissenschaftsdisziplin sind besonders drei Aspekte hervorzuheben: Zum Ersten erfährt sie eine schnell wachsende internationale Reputation. Ein Indikator hierfür ist, dass 1983 zwei große internationale KI-Konferenzen in Deutschland sowie unter deutscher Leitung ausgerichtet werden (Bibel und Furbach 2018). Zum Zweiten wird die erste KI-Proessur 1983 an der Universität Kaiserslautern geschaffen, auf die Jörg Siekmann berufen wird. Zum Dritten ist besonders die vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) angestoßene Gründung des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Saarbrücken bzw. Kaiserslautern 1988 zu nennen. Diese Einrichtung, die später als weltweit größtes und sehr renommiertes KI-Forschungszentrum gilt, wird als Öffentlich-private Partnerschaft gegründet, an dem von Beginn an große internationale Firmen beteiligt sind (Groth und Straube

2018). Wissenschaftlicher Gründungsdirektor des DFKI ist Wolfgang Wahlster, der bis heute als einer der führenden und innovationspolitisch einflussreichen Vertreter:innen der KI-Community anzusehen ist. Insgesamt wird damit eine KI-Dynamik in den 1980er-Jahren erkennbar, die gleichermaßen von den Interessen der Wissenschaft, Forschungspolitik und Entwicklerunternehmen vorangetrieben wird. Im Ansatz wird ein soziotechnisches Feld der KI mit einer locker vernetzten „Scientific-Political-Economic“-Konstellation erkennbar. Es handelt sich um eine Entwicklerkonstellation aus Wissenschaft, Forschungspolitik und Teilen der Privatwirtschaft, die in der Innovationsforschung als Merkmal eines neu generierten Hochtechnologiefeldes angesehen wird (Ahrweiler 1995a; Whitley 2000).

4.3 Die Krise Ende der 1980er-Jahre

Gleichwohl tritt spätestens ab dem Ende der 1980er-Jahre eine Situation ein, die als Krise der KI bzw. international als zweiter „KI-Winter“ bezeichnet wird (Teich 2020). Als zunehmend unübersehbar erweist sich damals eine hohe Diskrepanz zwischen den Erwartungen seitens vieler Unternehmen und der Politik über die kommerzielle Nutzbarkeit von Expertensystemen einerseits und ihren tatsächlich realisierten Nutzungseffekten andererseits. Verfügbaren Daten zufolge verlaufen Diffusion und erste Anwendungen von Expertensystemen in den 1980er-Jahren nur sehr schleppend (z. B. Dostal 1993). Damals beteiligte Expert:innen betonten, dass der Euphorie von Systemherstellern und der Wissenschaft eine zwar interessierte, aber doch angesichts der hohen Komplexität der Systeme, eines hohen Einführungsaufwandes und unklarer Kosten-Nutzen-Relationen sehr abwartende Haltung vieler potenzieller Anwender gegenübergestanden habe (Beuschel 1988, S. 8). Daher, so wird übereinstimmend von damals Beteiligten geurteilt, erweisen sich die ursprünglichen technologischen und ökonomischen Versprechungen und internationalen Trendanalysen als überzogen. Am Ende lassen sie sich nicht einlösen, und Expertensysteme sind, wenn überhaupt, nur begrenzt wirtschaftlich nutzbar (Bibel 2014). Dies führt zu Kritik und Enttäuschungen, die sich insbesondere bei vielen der beteiligten Unternehmen und in der Politik einstellen (Ahrweiler 1995a).

Eine Folge ist eine deutliche Reduktion des privatwirtschaftlichen Finanzierungsanteils an den inzwischen ausdifferenzierten KI-Instituten und damit tendenziell deren Existenzgefährdung. Die andere Folge ist ein dramatischer Abbau von KI-orientierten FuE-Kapazitäten bei den Entwicklerunternehmen mit dem Resultat, dass der Arbeitsmarkt für Informatiker:innen in der ersten Hälfte der 1990er-Jahre nach damaligen Berichten zeitweise zusammenbricht (Sträter 1993). Bremsend wirkt schließlich auch die aufkeimende Skepsis auf der Seite der Forschungspolitik, die ebenfalls, von Anbeginn der Förderung an, an kommerziellen Erfolgen der KI interessiert ist. Dies betrifft nicht nur verschiedene Fördermaßnahmen auf der Länderebene, sondern vor allem auch die Förderpolitik des BMFT (Reuse 2008b). Anders formuliert: Das soziotechnische Feld der KI-Forschung der 1980er-Jahre sowie mit ihm die „Scientific-Political-Economic“-Konstellation erweisen sich als instabil und erodieren.

Ähnlich ist allerdings auch die damalige Entwicklung der KI in den USA: Folgt man Berichten, so werden in den späten 1980er-Jahren staatliche Fördermittel der

KI-Forschung „suddenly and brutally“ (McCorduck 2004, S. 430) gekürzt. Die militärische Forschungsagentur Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), die die KI-Forschung bis dahin stark förderte, gelangt offenbar zu der Ansicht, dass KI keinesfalls die, wie versprochen, kommende aussichtsreiche Technologie ist, und leitet daher ihre Fördermittel auf vermeintlich aussichtsreichere Projekte um (ebd., S. 430f.). Zusammenfassend: Die KI-Entwicklung der 1980er-Jahre folgt dem Muster des bekannten „Gartner Hype Cycle“ technologischer Innovationen: Demzufolge nehmen die Erwartungen über eine technologische Vision rasch zu und stürzen später angesichts zunehmender Diffusions- und Realisationsprobleme nach einem einmal erreichten Gipfel in ein tiefes Tal der Enttäuschungen ab, um anschließend auf vergleichsweise niedrigem Level einen vielfach als realistisch bezeichneten Entwicklungsverlauf zu nehmen (Christensen und Finck 2021, S. 497 ff.).

4.4 Die Konsolidierung bis in die 2000er

Indes lässt sich die folgende Entwicklungsphase, die den Zeitraum der 1990er- bis weit in die 2000er-Jahre hinein umfasst, keineswegs nur als Krisenphase oder gar ausschließlich, wie in der internationalen Diskussion oftmals betont, als „KI-Winter“ verstehen. Vielmehr kann besonders für Deutschland, wie interviewte Wissenschaftler:innen bestätigen, von einer langen Phase der Konsolidierung der KI gesprochen werden. So titelt ein Informatiker gegen Anfang der 1990er-Jahre nach den Versprechungen der 1980er und der anschließenden Krise: „KI auf dem Weg in die Normalität“ (Brauer 1993). Es beginnt ein Prozess, der primär von der Wissenschaft vorangetrieben wird und kaum mehr die kommerziellen Dimensionen der 1980er-Jahre aufweist. KI-Aktivitäten werden nur mehr partiell von der Forschungspolitik finanziert, und die weitere KI-Entwicklung verläuft nur noch sporadisch in Kooperation mit Unternehmen. Ein Indikator für diese Gesamtsituation sind die reduzierten Finanzierungsvolumina für das DFKI in diesem Zeitraum. Insbesondere nimmt in den 1990er-Jahren die Zahl der Unternehmen als Gesellschafter des DFKI deutlich ab (Reuse 2008a, S. 66). Privatwirtschaftliche Unternehmen sind an der weiteren Entwicklung wie auch der Anwendung KI-basierter Systeme nach allen vorliegenden Informationen nur noch sehr partiell beteiligt. Nicht nur in Hinblick auf KI machen viele Unternehmen seinerzeit negative Erfahrungen mit Fehlinvestitionen und technologischen Fehlschlägen im Zusammenhang mit weitreichend automatisierten Systemen und digital-vernetzten Konzepten wie Computer Integrated Manufacturing (CIM). Zudem sind die Managementvisionen und vorherrschenden Unternehmensstrategien der 1990er-Jahre weitgehend von organisatorischen Unternehmenskonzepten bzw. einer Orientierung an nicht-technischen Zielsetzungen geprägt (Kieser 1996).

Rückblickend beschreibt ein interviewter Informatiker diese Phase selbstkritisch: „Bis zur Jahrtausendwende war die KI im Wesentlichen eine akademische Disziplin mit mäßigen, oft belächelten Erfolgen.“ Sowohl die 1990er- als auch die frühen 2000er-Jahre sind daher auch nicht wie die vorangegangenen 1980er-Jahre von weitreichenden Technologieversprechen geprägt. Zudem thematisiert die öffentliche Debatte weder die Potenziale noch die Risiken der zu diesem Zeitpunkt schon gar nicht mehr „ganz neuen“ Technologie. Beleg für diese Situation ist ein „Positions-

papier“ zur Gründung der Arbeitsgemeinschaft der deutschen KI-Institute aus dem Jahr 1991. Dieses Papier lässt sich durchaus als ein erneutes Technologieversprechen mit freilich verhaltenen Perspektiven für die weitere KI-Entwicklung interpretieren (Barth et al. 1991). Einerseits betont die Autorenschaft darin die nach wie vor grundlegenden und weitreichenden Ziele der KI, vor allem mit Blick auf Fragen nach dem Wesen von Intelligenz und nach der technischen Realisierung von Funktionen, die sich davon ableiten lassen. Andererseits hebt sie relativ konkret hervor, dass sich die KI als anwendungsorientierte Wissenschaft versteht, der es darum geht, Konzepte, Modelle, Methoden, Werkzeuge und Know-how zu schaffen, um künstliche intelligente Systeme im Zusammenwirken mit anderen nicht-künstlichen Systemen zu realisieren. Dies betrifft insbesondere Planungs- und Diagnosesysteme, Textverstehen sowie Spracherkennung, Spracherzeugung, Bilderkennung und Bildauswertung, das automatische Beweisen und allgemeine Inferenzsysteme sowie die beginnende Entwicklung autonomer Robotersysteme.

Die Konsolidierung und relativ praktische Orientierung der KI in den 1990er-Jahren lassen sich an einer fortschreitenden Ausdifferenzierung der Themenfelder und Forschungsschwerpunkte festmachen. Die institutionelle Voraussetzung hierfür beschreibt seinerzeit ein damals einflussreicher KI-Wissenschaftler: Trotz der Krise haben die Boomjahre der 1980er ihm zufolge etwas Positives bewirkt, denn „sie hinterließen eine Forschungsstruktur für die KI, die sonst in Europa bisher unerreich ist und mit der japanischen und amerikanischen Infrastruktur vergleichbar ist“ (Siekmann 1994, S. 24). Zudem ist eine nachhaltige Revitalisierung der in den USA in den 1960er-Jahren kritisierten konnektivistischen KI-Konzepte, d.h. vor allem Neuronaler Netze (Görz et al. 2021), ein Merkmal dieser Konsolidierungsphase. Schrittweise und im Verlauf der Zeit beginnt auch die bundesrepublikanische Förderpolitik sich wieder mit KI und insbesondere der Entwicklung dieser konnektivistischen Konzepte zu befassen. So werden als ein innovativer und erfolgreicher Forschungsschwerpunkt zu Beginn der 2000er-Jahre besonders Entwicklungsschritte im Rahmen einer Finanzierung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in Richtung autonom handelnder virtueller Dialogpartner für den Menschen eingeleitet. Obgleich explizit nicht angesprochen, schimmert dabei durchaus die bis auf die KI-Gründerzeit zurückgehende Vision einer intelligenten Maschine und der Modellierung kognitiver Prozesse durch (Reuse 2008b).

5 Die Dynamik ab den 2010ern: Der „Big Bang“ der KI

Spätestens mit dem Beginn der zweiten Dekade der 2000er wird nun eine beschleunigte Dynamik der KI erkennbar, die sich seitdem kontinuierlich verstärkt. Als technologische Voraussetzung für diese beginnende Dynamik können vier sich wechselseitig verstärkende Faktoren angesehen werden: Zum Ersten die Entwicklung hochkomplexer KI-Methoden wie etwa der Statistik und der Wahrscheinlichkeitsrechnung sowie lernender Systeme, zum Zweiten die vor allem über das Internet bereitgestellte massive Zunahme global verfügbarer Daten und die Möglichkeiten, diese mit Big-Data-Methoden zu nutzen, zum Dritten eine exponentiell steigende und sich verbilligende Rechnerleistung und zum Vierten der generelle Prozess der

Digitalisierung, das heißt die Transformation von immer mehr sozialen Zusammenhängen in eine IT-freundliche Umgebung und die Durchdringung der Gesellschaft mit digitalen Systemen (Cath et al. 2018, S. 506; Deutscher Bundestag 2020, S. 48; Dickel 2023). Görz et al. bezeichnen diesen technologisch verursachten Schub als „Big Bang of Deep Learning“ (Görz et al. 2021, S. 9). Konkret bedeutet dies, dass zuvorderst Künstliche Neuronale Netze sowie Methoden des Maschinellen Lernens die Basis für diesen Entwicklungsschub begründen.

5.1 Ein gesellschaftlich orientiertes Technologieverprechen

Dieser breite Technologieschub bietet nun die Voraussetzung für eine nachhaltige Reformulierung des Technologieverprechens der KI. Dabei handelt es sich um ein fortlaufend präzisiertes Ergebnis eines längeren Diskussionsprozesses in den Jahren nach 2011, der von der einflussreichen KI-Community (s. unten) vorangetrieben wird und in dessen Verlauf eine ganze Reihe programmatischer Publikationen vorgelegt wird (z. B. Fachforum und acatech 2017; Bitkom und DFKI 2017; EFI 2018). Diskursiver Bezugspunkt ist dabei die 2011 vorgestellte Vision von einer Industrie 4.0 mit ihren weitreichenden Versprechungen über die Modernisierung der Industrie. Diese Vision wird in der Wirtschaft, der Politik und der Wissenschaft breit rezipiert und rückt damit das Thema der Digitalisierung als Voraussetzung einer generell notwendigen gesellschaftlichen Modernisierung in den Fokus der öffentlichen Debatte. Damit werden vor allem auch weitgehende Anwendungsperspektiven von KI avisiert (Forschungsunion und acatech 2013, S. 95). Und auch in daran anschließenden programmatischen Statements und Vorträgen betont der „Spokesman“ der deutschen KI Wolfgang Wahlsters wiederholt, das Konzept Industrie 4.0 müsse mittels Künstlicher Intelligenz zu einer „Zweiten Welle der Digitalisierung“ erweitert werden. Ziel müsse es sein, Daten digital zu „verstehen, [zu] veredeln, aktiv [zu] nutzen und [zu] monetarisieren“ (Wahlster 2017).

Daher werden nun, anders als früher, auch nachdrücklich ökonomische Wachstumserwartungen formuliert. Folgt man beispielsweise einer jüngsten Prognose des Direktors des Instituts der deutschen Wirtschaft Michael Hüther, so kann die Nutzung von KI zu Automatisierungszwecken vor allem im produzierenden Gewerbe der deutschen Volkswirtschaft eine zusätzliche Bruttowertschöpfung in Höhe von ca. 330 Mrd. Euro ermöglichen (Institut der deutschen Wirtschaft 2023). KI wird darüber hinaus als „Beschleuniger“ (Deutscher Bundestag 2020, S. 145) für neue Produkte, Prozesse, Geschäftsmodelle und Märkte bezeichnet. Freilich gehen dabei weitere zentrale Aussagen in verschiedenen Dokumenten deutlich über rein industriell-ökonomische Aspekte hinaus, sodass das Technologieverprechen einen explizit gesellschaftsbezogenen Charakter gewinnt.

So werden zum einen Potenziale von KI für verschiedenste gesellschaftliche Anwendungsfelder hervorgehoben, darunter der Straßen- und Schienenverkehr, die medizinische Diagnose, die Assistenz und Pflege in einer alternden Gesellschaft sowie der Einsatz autonomer Systeme in menschenfeindlichen Umgebungen oder Smart Homes mit mehr Energieeffizienz (Fachforum und acatech 2017, S. 2f.). Zum Zweiten wird dezidiert die Erwartung formuliert, dass KI dabei helfen wird, ökologische Herausforderungen wie die Begrenzung des Energie- und Ressourcen-

verbrauchs zu bewältigen. Generell werden der smarten Technologie Potenziale für die Bewältigung von klimawandelbedingten Herausforderungen zugeschrieben (z. B. Peteranderl 2021). Zum Dritten werden gesellschaftliche Visionen formuliert. So erwarten der Branchenverband der deutschen Informations- und Telekommunikationsbranche Bitkom und das DFKI, dass mit den rapiden Fortschritten der KI wesentliche Voraussetzungen für einen tiefgreifenden Wandel in Wirtschaft und Gesellschaft gegeben seien. Die KI werde „die Art und Weise revolutionieren, wie Menschen arbeiten, lernen, kommunizieren, konsumieren und leben.“ Zudem werden sozial wünschenswerte Konsequenzen prognostiziert: „KI kann genutzt werden, die soziale Inklusion voranzubringen und Behinderten, Personen mit geringen Sprachkenntnissen oder mit eingeschränkter Mobilität eine möglichst gleichwertige Teilhabe an der Arbeitswelt und am gesellschaftlichen Leben zu eröffnen“ (Bitkom und DFKI 2017, S. 2 ff.).

Schließlich werden der intensive internationale Diskurs über KI als zukünftige Schlüsseltechnologie und die Furcht thematisiert, den Anschluss an den globalen Technologiewettlauf, insbesondere in Anbetracht der beiden großen KI-Mächte USA und China, zu verlieren. So mahnt die einflussreiche Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), dass ein „großer Handlungsbedarf“ bestehe, „um Deutschland in einem dynamischen, internationalen Innovationswettbewerb im Bereich der KI und der autonomen Systeme vorteilhaft zu positionieren“ (EFI 2018, S. 81). Dies wird ausdrücklich auch als industriepolitische Notwendigkeit gesehen. Besonders wird zudem auf die drohenden Monopolisierungstendenzen der global agierenden Digitalkonzerne hingewiesen, allen voran die „Hyperscaler“ Google, Facebook, Apple, Amazon, Microsoft sowie die chinesische Firma Baidu, denen durch deutsche und europäische Entwicklungsmaßnahmen und Innovationsstrategien der hiesigen Unternehmen entgegengetreten werden müsse (Deutscher Bundestag 2020, S. 135 ff.).

5.2 Die „hartnäckige“ KI-Community

Als Driving Force des Technologieversprechens erweist sich in den 2010er-Jahren eine einflussreiche Gruppe von Akteuren, die sich als KI-Community bezeichnen lässt. Ihr Kern besteht aus den Vertretern der seit den 1990er-Jahren an Universitäten und Forschungsinstituten konsolidierten Wissenschaftsdisziplin der KI, darunter insbesondere eine gewachsene Zahl von KI-Wissenschaftler:innen. Nach Ansicht der von uns interviewten Expert:innen weisen sie eine besondere Hartnäckigkeit beim Verfolgen ihrer Ziele auf, die auf der kollektiven Überzeugung dieser Gruppe beruht, dass die KI eine große Zukunft mit vielfältigen Anwendungspotenzialen habe. Darüber hinaus umfasst die Community Vertreter von IT- und Softwareunternehmen sowie einige Unternehmen aus der IT- und Elektrotechnischen Branche, die sich nach den Enttäuschungen der 1980er-Jahre erneut für KI zu interessieren beginnen. Auch spielen in diesem Kontext zunehmend interessierte Vertreter einer Reihe von Bundesministerien sowie von Wirtschaftsverbänden eine Rolle. Schließlich ist eine zentrale institutionelle Voraussetzung für die Stabilisierung der KI-Community die koordinierende Rolle der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften in München, genannt acatech. Sie vereinheitlicht die heterogenen Interessen der ver-

schiedenen Akteure, indem sie eine hochrangige Diskursplattform zur Verfügung stellt.

Die KI-Community formuliert im Wesentlichen das Technologievorsprechen, nimmt starken Einfluss auf den als Agendasetting zu bezeichnenden Prozess, d. h. die Definition von erforderlichen Entwicklungsschritten sowie die politischen Innovationsmaßnahmen, und beeinflusst den öffentlichen Diskurs. In diesem Kontext wird etwa das sogenannte Fachforum Autonome Systeme konstituiert, das im Jahr 2017 Empfehlungen zur innovationspolitischen Förderung Künstlicher Intelligenz vorlegen und den Prozess der breiten innovationspolitischen Förderung maßgeblich anstoßen sollte. Es handelt sich dabei um die gemeinsame Arbeit von mehr als 60 Expert:innen aus den Bereichen Wissenschaft, IT-Unternehmen, Industrie und Beratung sowie Vertreter:innen verschiedener Bundesministerien (Fachforum und acatech 2017). Der programmatische Bericht dieses Gremiums wird im Rahmen der Messe CeBIT 2017 öffentlichkeitswirksam u. a. vom damaligen Präsidenten von acatech, Henning Kagermann, an die damalige Bundeskanzlerin sowie die damalige Bundesforschungsministerin übergeben. Diese einflussreiche Position kann die KI-Community durch den zunehmenden Erfolg des KI-Technologievorsprechens kontinuierlich konsolidieren und ausweiten. Sie gewinnt neue interessierte Partner aus dem Wirtschaftssektor, formuliert faktisch die Leitlinien der staatlichen KI-Politik und baut damit ihren Zugriff auf finanzielle und institutionelle Ressourcen immer weiter aus.

5.3 Eine stabile „Scientific-Political-Economic“-Konstellation

Diese forschungs- und innovationspolitischen Aktivitäten führen dazu, dass sich eine stabile Entwicklerkonstellation aus Forschungspolitik, Teilen der Privatwirtschaft und der Wissenschaft herauszubilden beginnt. In ihren Grundstrukturen entspricht sie der „Scientific-Political-Economic“-Konstellation aus den 1980er-Jahren, geht jedoch insofern deutlich über diese hinaus, als es ihr gelingt, sich zu stabilisieren und kontinuierlich zu erweitern. Sie bildet den Kern des sich nun endgültig herausbildenden soziotechnischen Feldes der KI: Die ökonomischen und gesellschaftlichen Versprechen der KI-Community sprechen die Innovations- und Wirtschaftspolitik unmittelbar an, und die Politik greift die Formel von der KI als „Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts“ (Rothe 2020; Kroll et al. 2022) programmatisch auf. Ähnlich wie im Kontext von Industrie 4.0 ist das erklärte Ziel der Erhalt sowie der Ausbau einer günstigen Konkurrenzsituation der deutschen Wirtschaft im globalen Technologiewettlauf. Angesichts der traditionell ausgeprägten Weltmarktorientierung der Wirtschaft ist dieser Aspekt für die deutsche Politik besonders drängend. Darüber hinaus ist das Versprechen einer effektiven Bewältigung der vielfältigen gesellschaftlichen Herausforderungen durch die besondere Leistungsfähigkeit der Technologie für die Politik von allergrößtem Interesse. Hinzu kommt, dass die Politik, wie es ein leitender Ministerialbeamter in einem Gespräch formuliert, in der Künstlichen Intelligenz einen weiteren innovationspolitischen „Leuchtturm“ erkennt. Wie schon im Falle von Industrie 4.0 könne sich die Politik damit einmal mehr als zukunftsorientiert ausweisen und Legitimation in der Öffentlichkeit verschaffen.

So werden die innovationspolitischen Empfehlungen des erwähnten Fachforums Autonome Systeme zu KI zunächst Anfang des Jahres 2018 im Koalitionsvertrag der damaligen Bundesregierung aufgegriffen. In diesem kündigt die Bundesregierung (2018a, S. 12) die „Weiterentwicklung der High-Tech-Strategie, u. a. mit Schwerpunkt auf Digitalisierung und künstliche Intelligenz“ an. Explizit wird dies dann mit der Hightech-Strategie 2025 der Bundesregierung fortgeführt, die im Herbst 2018 der Öffentlichkeit vorgelegt wird und als Ausgangspunkt für eine Vielzahl von Fördermaßnahmen auf den unterschiedlichsten Ebenen in den dann folgenden Jahren fungiert (Bundesregierung 2018b). Mit ihr beginnt die Innovationspolitik eine präzierte Agenda für die KI-Entwicklung zu entwerfen und diesen Prozess fortlaufend zu koordinieren.

Damit übernimmt die Innovationspolitik eine zentrale koordinierende Rolle für die KI-Entwicklung. Diese Rolle, d. h. die Koordination der am KI-Innovationsprozess beteiligten heterogenen Akteure, ihre Vernetzung und der Anstoß eines Wissenstransfers zwischen den Akteuren, wird von interviewten KI-Expert:innen als die zentrale Politikfunktion im Feld der KI angesehen. Eine wesentliche Koordinationsmaßnahme ist dabei die Einrichtung der „Plattform Lernende Systeme“ (o. D.b) durch das BMBF, die „führende Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und zivilgesellschaftlichen Organisationen aus den Bereichen Lernende Systeme und Künstliche Intelligenz“ vernetzen soll, um „die Chancen, Herausforderungen und Rahmenbedingungen für die Entwicklung und den verantwortungsvollen Einsatz Lernender Systeme“^{4F} zu untersuchen. Daneben hat die staatliche finanzielle Förderung von einschlägigen Entwicklungsvorhaben Äußerungen von Expert:innen zufolge eine wichtige „Hebelwirkung“ für die FuE-Finanzierung, da dadurch private Investitionen stimuliert werden.

Darüber hinaus wird die Dynamik von einer schnell wachsenden Zahl von Unternehmen vorangetrieben, die an der KI als Entwickler, teilweise auch als Anwender interessiert sind. Insbesondere technologieintensive Unternehmen wie Siemens, Bosch, Telekom, SAP oder ABB spielen bei der Entwicklung KI-basierter Technologien für industrielle Prozesse, beispielsweise bei Industrier software, Automatisierungsanlagen oder im Feld des Industrial Internet, eine bestimmende Rolle (Deutscher Bundestag 2020, S. 151). Diese Unternehmen knüpfen damit an ihre Industrie-4.0-orientierten Innovationsaktivitäten an, erweitern diese um die Dimension der KI und zielen damit einmal mehr global auf neue Absatzmärkte im Bereich anspruchsvoller und komplexer Automatisierungstechnologien. Denn erwartet wird, dass KI aufgrund ihrer Flexibilität und konzeptionellen Breite technologische Potenziale für eine Vielzahl neuer Innovations- und Anwendungsperspektiven eröffnet. Vermittelt über verschiedenste politisch initiierte Koordinationsmaßnahmen, darunter etwa sogenannte Transfereinrichtungen, wird zudem das Interesse einer zunehmenden Anzahl etablierter, jedoch nicht sonderlich technologieintensiver Unternehmen aus den industriellen Kernsektoren wie dem Maschinenbau oder der Konsumgüterbranche an Künstlicher Intelligenz geweckt. Folgt man aktuellen Daten des jährlich in Stanford erscheinenden AI Index Reports, so nimmt die KI-Orientierung der Unternehmen in Deutschland in den letzten Jahren schnell zu. Differenziert man nach Wirtschaftssektoren, lässt sich dabei dem volkswirtschaftlichen

Profil der Bundesrepublik entsprechend ein ausgesprochener Fokus auf industrielle Anwendungen ausmachen (Zhang et al. 2021, S. 84 ff.).

Weiterhin wird die Entwicklungsdynamik von einer sehr schnell anwachsenden Landschaft hochspezialisierter Startups geprägt.⁷ Seit 2011, so die Ergebnisse beim Blick auf die Datenlandschaft, lässt sich ein rasanter Anstieg von Startup-Gründungszahlen verzeichnen. So berichtet der KI-Bundesverband für das Jahr 2020 von über 250 Mitgliedern (zit. n. Deutscher Bundestag 2020, S. 147). Generell wird Startups eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von KI-basierten Geschäftsmodellen und bei der Kommerzialisierung von KI-Innovationen zugeschrieben. Diese Gründungsdynamik treibt nicht nur die KI-Entwicklung voran, sondern wird durch diese zugleich umgekehrt beschleunigt, da KI-Gründungen oftmals aus staatlichen Gründungsfonds gefördert werden, aber auch mit Kapital von größeren etablierten Unternehmen, die an KI-Innovationen interessiert sind. Insgesamt ist die Unternehmensentwicklung von einer zunehmenden KI-orientierten Vernetzung zwischen den unterschiedlichsten Unternehmenstypen geprägt. Ein Beispiel hierfür ist die staatlich geförderte Initiative „AI4Germany“ (UnternehmerTUM 2019). Daneben existieren eine ganze Reihe von Entwicklungskooperationen zwischen Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen, die, wie Expert:innen betonen, nicht zuletzt über die verschiedensten staatlich geförderten Verbundprojekte sowie die erwähnten Transfereinrichtungen gefördert und weiter ausgebaut werden.

Auch ist die KI-Dynamik in den 2010er-Jahren von einem kontinuierlichen Ausbau der Wissenschaftsdisziplin Künstlich Intelligenz auf den verschiedensten institutionellen Ebenen gekennzeichnet. Diese reichen von der Grundlagenforschung, etwa bei der Max-Planck-Gesellschaft über die angewandte Grundlagenforschung, und den Transfer am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) bis hin zur rein anwendungsorientierten Entwicklung bei verschiedenen Fraunhofer-Instituten, sogenannte Industrie-Labs und industriell dominierten Clustern. Insgesamt entsteht damit eine oftmals staatlich geförderte, weit verzweigte und ausdifferenzierte Forschungslandschaft.⁸ In der Folge gewinnt die KI nicht nur innerhalb des nationalen Wissenschaftssystems eine weiterhin einflussreiche Position auf Ressourcenverteilung und Forschungsziele, sondern baut zudem ihre ohnehin schon hohe internationale Reputation weiter aus.

Schließlich etabliert sich eine zunehmend größere Zahl von Gremien, Organisationen und Instituten, die sich mit den vor allem im öffentlichen Diskurs vielfach kritisch thematisierten Fragen der gesellschaftspolitischen und ethischen Normung und Regulation der KI-Entwicklung und ihrer Nutzung befassen. Zu nennen ist hier beispielsweise die Enquetekommission des Bundestages, die unter der Überschrift „Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökologische Potenziale“ von 2018 bis 2020 KI-Fragen in sehr umfassender gesellschaftspolitischer Perspektive diskutiert. Einen hohen Einfluss auf den KI-Diskurs nimmt auch die von der Regierung eingesetzte Datenethikkommission. Ihr

⁷ Eine Übersicht über die deutsche Landschaft der KI-orientierten Startups für das Jahr 2022 findet sich z. B. auf <https://www.appliedai.de/de/hub/2022-deutsche-ki-startup-landkarte>.

⁸ Eine laufend aktualisierte Übersicht über die heterogene und weit verzweigte Forschungslandschaft der KI in Deutschland gibt die KI-Landkarte der Plattform Lernende Systeme (o. D.a).

Auftrag ist es, einen Entwicklungsrahmen für Datenpolitik, den Umgang mit Algorithmen, künstlicher Intelligenz und digitalen Innovationen vorzuschlagen, Handlungsempfehlungen zu geben und Regulierungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Darüber hinaus hat der Deutsche Ethikrat (2023) im März diesen Jahres eine grundlegende Stellungnahme zum Mensch-Maschine-Verhältnis angesichts jüngster und zu erwartender KI-Innovationen vorgelegt. Freilich ist die Frage derzeit nur schwer zu beantworten, welche Konsequenzen die laufende Regulations- und Normungsdiskussion und etwa einschlägige Leitfäden für Entwicklung und Anwendung der KI in Zukunft tatsächlich haben werden – und vor allem wie diese umgesetzt werden können (Beckert 2021).

5.4 Die Legitimation im öffentlichen Diskurs

Das Technologieversprechen Künstliche Intelligenz und die laufenden innovationspolitischen Aktivitäten sind, wie schon angesprochen, eng mit dem öffentlichen Diskurs über die Bedeutung von KI für die zukünftige gesellschaftliche Entwicklung verknüpft. Im Kontext der schnellen Technologieentwicklung und der damit verknüpften Versprechungen etabliert sich im Unterschied zu den 1980er-Jahren ein Diskursraum, der verschiedenste Positionen, Meinungen und Erwartungen, die sozialen Potenziale und Konsequenzen von KI betreffend, umfasst. Die Erwartungen bewegen sich dabei bekanntlich zwischen Faszination über die besondere Leistungsfähigkeit Künstlicher Intelligenz einerseits und Skepsis, ja teilweise dystopischen Perspektiven mit Blick auf ihre sozialen Konsequenzen andererseits. Dieser Diskurs weist einen ausgesprochen internationalisierten Charakter auf, lässt sich also keineswegs auf den deutschen Sprachraum einschränken und ist nur schwer überschaubar und einzugrenzen.

Indes ist das Technologieversprechen KI kaum von der optimistischen Seite dieses Diskurses zu trennen. Vielmehr gewinnt es gerade mit Bezug auf die in der Öffentlichkeit teilweise geradezu euphorisch gefeierten und international breit inszenierten Highlights der KI-Technologie Legitimation und Überzeugungskraft – darunter der Sieg des IBM-Computers Deep Blue gegen den damaligen Schachweltmeister Garry Kasparov im Jahr 1997, die Quiz-Show Jeopardy!, in der der IBM-Watson im Jahr 2011 die besten Spieler:innen der Quiz-Show besiegte, oder der Sieg des KI-Systems Alpha Go der Firma Deep Mind im Jahr 2016, das damals den als besten angesehenen Go-Spieler der Welt schlug. Nicht minder öffentlichkeitswirksam sind die immer besser funktionierenden Übersetzungsprogramme, Berichte über autonom fahrende Autos, kunstproduzierende Neuronale Netze (Barthelmeß und Furbach 2021) und schließlich die jüngst im Zentrum des öffentlichen Interesses stehende besondere Leistungsfähigkeit der Sprachmodelle wie ChatGPT. Bereits kurz nach Veröffentlichung dieser KI-Software wurden Stimmen laut, die mit den Sprachmodellen eine „technische Revolution“ (Lauer 2023) verbinden, welche die Realisierung intelligenter Assistenzsysteme final ermöglichen könne. Hinzu kommen Festveranstaltungen, Publikationen, Seminare und Konferenzen der einflussreichen KI-Community und innovationspolitische Inszenierungen wie die jährlich stattfindenden Digitalgipfel der Bundesregierung oder das von der Regierung ausgerufen KI-Wissenschaftsjahr

2019, mit denen die besondere Leistungsfähigkeit digitaler Technologien und der KI stets öffentlichkeits- und medienwirksam hervorgehoben werden.

Dabei überrascht nicht, dass die Vielzahl KI-skeptischer und kritischer Argumente, etwa in Hinblick auf problematische soziale oder ökologische Konsequenzen und nicht zuletzt auf ungelöste ethische Herausforderungen, diese Dynamik kaum bremsen. Vielmehr werden sie selbst zum Moment der Dynamik – denn wie gezeigt werden kritische Fragen selbst zunehmend auf die Forschungsagenda gesetzt und ihre Bearbeitung institutionell in den oben erwähnten Gremien und Organisationen verankert. Damit dürften diese Fragen und Herausforderungen bei der Entwicklung und Anwendung von KI-Systemen zumindest langfristig zunehmend Berücksichtigung finden, sodass Skepsis und Kritik integriert und damit entschärft werden, was der öffentlichen Akzeptanz der Systeme im Allgemeinen mutmaßlich zugutekommen wird. Zudem: Trotz aller Skepsis und Kritik wird der KI-Diskurs nachhaltig von der Überzeugung geprägt, dass es allein schon aus Gründen des ökonomischen Wettbewerbs ein massives Interesse an KI-Entwicklung geben müsse. Denn KI gilt derzeit ungebrochen als „der ganz große Zukunftsmarkt [...]. Kein Unternehmen, keine Armee, keine Volkswirtschaft, keine Regierung, kein Geheimdienst und keine Universität will sich bei diesem Rennen abhängen lassen.“ (Lenzen 2018, S. 15 f.)

6 Divergierende Perspektiven

6.1 Ein „goldenes Zeitalter“ der KI?

Resümiert man den aktuellen Stand des KI-Diskurses, so ist mithin unübersehbar: Die Erwartungen einer weiterhin andauernden KI-Dynamik sind ungebrochen. Geradezu euphorisch sprechen beispielsweise Repräsentant:innen der von der Bundesregierung etablierten Plattform Lernende Systeme weiterhin von einem „goldenen Zeitalter“ der KI (Kersting und Tresp 2019, S. 3). Begründet wird diese Erwartung mit einer ungebrochen rasanten technologischen Entwicklung – in algorithmischen Fortschritten beim Maschinellen Lernen und beim Tiefen Lernen in Verbindung mit der Verfügbarkeit großer Datensätze und den Fortschritten beim schnellen, parallelen Rechnen. Daher eröffnen sich weitere zukünftige Anwendungen KI-gestützter Systeme, „die noch vor wenigen Jahren als Science-Fiction galten [...]: Wissen von unvorstellbarem Umfang und in erstaunlicher Tiefe wird mit einem Mausklick zugänglich, sprachgesteuerte Assistenzsysteme unterstützen unser Leben in vielen Bereichen, Bilderkennungssysteme haben menschenähnliche Leistungsfähigkeit erreicht, autonome Fahrzeuge werden zunehmend Realität, Geschäftsmodelle verändern sich rapide und personalisierte Medizin ermöglicht eine optimale und individualisierte Behandlung.“ (ebd.) Insofern wird von den meisten der interviewten Expert:innen die Frage nachdrücklich verneint, ob die gegenwärtige Hochphase der KI-Dynamik nur ein Hype und wenig nachhaltig sei. Denn anders als in der Vergangenheit werde heute nicht nur in isolierten Instituten an KI geforscht, sondern sie komme bereits im Alltag zum Einsatz.

6.2 Ein neuer KI-Winter?

Freilich rechnen andere Expert:innen mit einem erneuten Scheitern der hochfliegenden KI-Versprechen. So berichtet etwa die Enquetekommission Künstliche Intelligenz, dass sich bei ihren Befragungen eine Reihe von Expert:innen sehr skeptisch zur Zukunft der KI geäußert hätten. Befürchtet werde zum einen, dass es sich bei der gegenwärtigen Situation um einen neuen KI-Hype-Zyklus handeln könne, wie er schon mehrmals aufgetreten sei. Zum anderen wird prognostiziert, dass KI, wie Digitalisierung generell, nicht zu einem volkswirtschaftlichen Produktivitätswachstum führen werde, sondern lediglich zu einer Neuverteilung von Gewinnen und Marktanteilen (Deutscher Bundestag 2020, S. 200). Verschiedentlich wird von Skeptiker:in auch betont, dass die Leistungsfähigkeit der verfügbaren Technologie wie früher schon völlig überschätzt werde: „Ähnlich wie im KI-Winter Ende der 1960er- und 1980er-Jahre, als die vielversprechenden Entwicklungen in den KI-Labors sang- und klanglos an der praktischen Anwendung in der Realität scheiterten, besteht wieder einmal eine große Diskrepanz zwischen den Erwartungen an diese Technologien und ihren tatsächlichen Fähigkeiten. KI wird unser Leben erheblich verändern, doch eine Revolution der Roboter ist nicht zu befürchten.“ (Heimbrecht 2021)

6.3 Differenzierte Sichtweisen

In anderen Prognosen wird hingegen eine differenzierte Sicht betont. Besonders wird die unabdingbare Lösung einiger grundlegender Probleme und Restriktionen, die einer weiteren KI-Entwicklung und ihrer Anwendung entgegenstehen, angemahnt und verschiedentlich auch erwartet (Görz et al. 2021). So wird als ein soziales und organisatorisches Dauerproblem der Entwicklung anwendungsfähiger KI-Systeme oft die Schwierigkeit eines effektiven Wissenstransfers zwischen verschiedenen beteiligten Akteuren genannt. Denn die Integration von Wissensbeständen aus Entwicklungs- und Anwendungsbereichen ist eine essenzielle Voraussetzung für funktionierende KI-Systeme. Eine Entwicklung neuer und effektiver Modi des Wissenstransfers und der Kooperation zwischen den Akteuren aus verschiedenen Domänen stehe, so Ecker et al. (2021), lediglich am Anfang. Darüber hinaus wird auf grundlegende Funktionsprobleme von Systemen des Maschinellen Lernens verwiesen, die einer schnellen Diffusion und breiten Anwendung entgegenstehen (Brödner 2019):

- Zum Ersten betrifft dies die mangelnde Fähigkeit der Systeme zur Bewältigung von „offenen Welten“ (Görz et al. 2021, S. 10), d.h. von nur schwer ex ante kalkulierbarer Situationen. Treten unerwartete Ereignisse und nicht kalkulierbare Sondersituationen auf, werde die mangelnde „Robustheit“ eines KI-Systems zum Problem (Lenzen 2018, S. 86).
- Zum Zweiten gibt es bislang keine Möglichkeit, oft unverzichtbares Alltagswissen in die Systemprozesse einzubeziehen. Görz et al. zufolge gehört dazu nicht nur die Fähigkeit der KI, „zu einem gewissen Grad Abstraktionen zu leisten und Kausalitäten maschinell nachzuvollziehen, sondern auch das zu approximieren, was Menschen in besonderer Weise auszeichnet, nämlich Handlungen zu verstehen und zu erklären“ (Görz et al. 2021, S. 10).

- Zum Dritten wird damit das schon seit den 1990er-Jahren diskutierte Problem der sogenannten Explainable Artificial Intelligence bezeichnet. Je risikoreicher Entscheidungen Maschinellen Lernens für menschliches Handeln sind, etwa bei Diagnosen und Therapieempfehlungen in der Medizin, desto wichtiger wird es sein, zu verstehen, was die Systeme eigentlich tun. Vor allem geht es dabei um die Frage der Transparenz und der Sicherheit – wie und ob das System tatsächlich die Aufgabe löst, für die es eingesetzt wird.
- Zum Vierten bezeichnet die Frage nach der Datenqualität und der für bestimmte Anwendungsfälle benötigten Datenmenge ein nicht endgültig lösbares Problem. So ist vielfach unklar, ob ein System wirklich alle zur Verfügung stehenden Daten benötigt oder ob aus Rationalisierungsgründen die Menge der Daten reduziert werden kann. Umgekehrt geht es um das Problem, dass oft zu geringe Mengen und qualitativ sehr unterschiedliche Daten für einen Einsatz von lernenden Systemen verfügbar sind.

Diese Herausforderungen sind Gegenstand intensiver nationaler wie internationaler Forschungsaktivitäten. So stehen die Probleme der sogenannten Explainability und Transparenz der Systemprozesse seit längerer Zeit schon im Fokus der FuE-Förderung. Vor allem sollen Systeme entwickelt werden, die robuster und vertrauenswürdiger sind als die bisherigen Systeme des Machine Learning (Lenzen 2018, S. 77 f.).

Indes ist offen, ob die angestrebten stabilen KI-Lösungen allein auf der Basis lernender Systeme tatsächlich in absehbarer Zeit realisiert werden können. Vielmehr, so die kritische Auffassung auch der interviewten Expert:innen, habe sich die nicht selten verkürzte Gleichsetzung von KI und Maschinellen Lernen „als Irrweg“ erwiesen. Trotz riesiger Datenmengen zum Training selbstlernender KI-Systeme sowie eines enormen Rechenaufwands seien oft keine erklärbaren und robusten Lösungen für die jeweiligen Problemstellungen gefunden worden. Daher müsse, so Wahlster (2020), die deutsche KI-Strategie „die zunächst etwas einseitige Überbetonung des Maschinellen Lernens aus Massendaten zugunsten einer Kombination mit modernsten symbolischen Verfahren aufgeben“. Dies impliziert auch, dass sich die KI-Entwicklung in Zukunft auf konkrete und relativ präzise definierbare Anwendungsfelder beziehen muss. Diese Anwendungsbereiche werden sich allerdings ausweiten und zu einer zunehmenden Ausdifferenzierung der KI-Entwicklung führen. Im industriellen Bereich handelt es sich dabei beispielsweise um Planungs- und Simulationssysteme, Verfahren der vorausschauenden Instandhaltung und smarte Robotik, im medizinischen Bereich um Diagnosesysteme und Assistenzsysteme bei Operationen und auch bei der Pflege oder im Verkehrsbereich um intelligente Steuerungs- und Navigationssysteme. Hierbei werden KI-Anwendungen zunehmend mit schon vorhandenen Digitalisierungslösungen verschmelzen, wohingegen jene Erwartungen von den meisten, jedoch keineswegs allen, Expert:innen als technologisch überzogen und unrealistisch angesehen werden, die unter dem Label „starke KI“ oder auch Artificial General Intelligence (AGI) zusammengefasst werden. Diese richten sich darauf, in absehbarer Zeit eine generelle menschenähnliche Maschinenintelligenz gepaart mit Alltagsbewusstsein und Emotionalität zu entwickeln. So soll eine KI entstehen, die menschenähnlich ist (Koehler 2021, S. 9).

Insgesamt gesehen steht wohl außer Frage, dass die KI-Entwicklung ihre Dynamik auch mittelfristig nicht verlieren und sich die Prognose eines erneuten „KI-Winters“ aufgrund überzogener Versprechungen als Irrtum erweisen wird. Vielmehr wird das KI-Technologieversprechen auch in Zukunft fortgeschrieben und im Hinblick auf Lösungspotenziale für gesellschaftliche Probleme kontinuierlich erweitert werden. Auch wird die Politik weiterhin ein großes, ja wachsendes Interesse an der KI-Entwicklung sowie der ihr attestierten Bereitstellung von Lösungen haben, welches primär aus den Umständen intensiver globaler Technologiekonkurrenz einerseits und wachsender gesellschaftlicher, insbesondere ökologischer Herausforderungen andererseits herrührt. KI und Digitalisierung im Allgemeinen halten hierfür Lösungsansätze bereit, die so gut wie alle Akteure des politischen Systems und auch die breite Öffentlichkeit weithin als legitim akzeptieren. Nicht zuletzt hat die Notwendigkeit, die drängenden Informations- und Regulationsprobleme der Covid-19-Krise zu bewältigen, dem einen nachhaltigen Schub verliehen.

7 Zur Logik des Technologieversprechens

7.1 Generalisierende Rhetorik

Abschließend soll gefragt werden, wie sich die nachhaltige Überzeugungskraft des KI-Technologieversprechens begründen lässt. Wie der historische Rückblick gezeigt hat, gingen die Versprechungen ohne Frage mit beachtlichen Erfolgen bei der Entwicklung und auch der Anwendung einher. Zugleich aber erwiesen sie sich immer wieder als zu weitreichend und völlig unrealistisch. Denn der Ausgang von technologischen Innovationsprozessen ist wie alles im Leben grundsätzlich ungewiss, sodass es ex ante selbst in der gegenwärtigen Lage nicht ausgemacht ist, ob KI-Versprechungen tatsächlich realisierbar sind. Nicht nur für die Adressaten in Form der Fachöffentlichkeit, sondern auch der politischen und gesellschaftlichen Öffentlichkeit muss das Technologieversprechen daher auch insofern glaubhaft und nachvollziehbar sein, dass es diese Restunsicherheiten wahlweise entdramatisierend thematisiert oder erfolgreich verschleiert.

Zweifelsohne ist dieses Bestreben sehr voraussetzungsvoll. Technologieversprechen sind an semantische Architekturen geknüpft, die eine breit gestreute Anschlussfähigkeit ermöglichen müssen. Hinweise auf die hier wirksamen Mechanismen geben diskurstheoretische Analysen von prominenten Managementkonzepten (Kieser 1996; Hirsch-Kreinsen 2016; Madsen 2019). Demnach lässt sich die Rhetorik dieser Konzepte durch Aspekte wie kommunikative Generalisierungen und Reduktion gesellschaftlicher Komplexität, De-Kontextualisierung der Argumente, unabwiesbare Aktualität, Quantifizierbarkeit und alltagsweltliche Relevanz charakterisieren. Vereinfachungen und Generalisierungen erleichtern die pointierte Vermittlung eines Konzepts, indem sie einerseits den Bezug zu den Erfahrungen und traditionellen Orientierungen vieler Akteure und andererseits an schon existierende Diskurse über zukünftig notwendige technologische und gesellschaftliche Entwicklungsperspektiven herstellen. Dieser Argumentationslogik folgt auch die Rhetorik des Technologieversprechens Künstliche Intelligenz.

Als sein rhetorischer Kern kann die Mehrdeutigkeit des Begriffs angesehen werden: KI ist letztlich wenig mehr als ein „very loose umbrella term“ (Kaltheuner 2021, S. 23). Das Technologieverprechen und der Diskurs abstrahieren weitgehend von konkreten Methoden, Anpassungserfordernisse an spezifische Anwendungsfelder werden zudem ausgeblendet. Die technologische Vision erscheint einfach, klar und überzeugend und ist daher grundsätzlich nur schwer bestreitbar. Voraussetzung hierfür ist eine leicht zugängliche, mit KI verknüpfte Metaphorik wie „Information“, „intelligent“, „lernend“ oder auch „autonom“. Es handelt sich um eine Gleichsetzung von menschlicher und maschineller Ebene, die von einem interviewten kritischen Experten als „irrigte Ontologie von Mensch und Maschine“ verworfen wird. Indes ist diese unklare Metaphorik ein wesentlicher Grund für die Faszination, die von dieser Technologie ausgeht, denn: Angeknüpft wird damit an gängige Alltags-, aber auch Wunschvorstellungen über die Zukunft technologischer Entwicklungen (Hirsch-Kreinsen 2023, S. 247f.). Darüber hinaus sind die folgenden rhetorischen Aspekte hervorzuheben:

- *Unausweichlichkeit*: Betont wird, dass eine breite Nutzung von KI in Wirtschaft und auch im Alltag aufgrund ihrer schnellen Entwicklung und ihrer hohen Bedeutung für eine erfolgreiche Digitalisierung generell einen geradezu unabweisbaren Charakter aufweist. Diese unklare Begrifflichkeit erlaubt es zudem, KI als breit nutzbare ökonomische und gesellschaftliche Schlüsseltechnologie zu apostrophieren.
- *Hohes Wachstum*: Damit verbunden werden Prognosen vorgelegt, dass Künstliche Intelligenz nicht nur die Voraussetzung für ein beträchtliches und nachhaltiges Wachstum, sondern auch für einen Erfolg im globalen Technologiewettlauf darstellt. Die Botschaft ist eindeutig: Wer mitmacht, wird nahezu zwangsläufig Erfolg haben und große Gewinne einfahren können (Kieser 1996). Wer den Zeitgeist hingegen ignoriert, fällt hinten.
- *Generalisierung von Einzelfällen*: Die weitreichenden ökonomischen Erwartungen und die Botschaft an Unternehmen, die neue Technologie möglichst schnell und umfassend einzuführen, wird durch den ständigen und intensiven Verweis auf die erfolgreiche Anwendung von KI-Technologien in einzelnen Unternehmen unterstrichen. Sie sollen als Orientierungsgröße für bislang zaudernde Unternehmen gelten.⁹
- *Eingängige und empiriefreie Vision*: Ähnlich wie viele Managementkonzepte zeichnet sich das KI-Technologieverprechen durch eine „raffinierte Mischung von Einfachheit und Mehrdeutigkeit“ aus (Kieser 1996, S. 24): Die technologische Vision erscheint einfach, klar und überzeugend und ist daher nur schwer bestreitbar. Dies wird dadurch gewährleistet, dass der Diskurs weitgehend von konkreten Techniken abstrahiert und mit KI, wie beschrieben, eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Konzepte und Systemalternativen angesprochen wird.
- *Wünschenswerter gesellschaftlicher Wandel*: Betont wird, dass sich mit KI nicht nur positive soziale Konsequenzen verbinden, sondern insbesondere auch die Be-

⁹ Siehe hierzu die schon genannte KI-Landkarte der Plattform Lernende Systeme (o. D.a), mit der erfolgreiche Einzelfälle beispielhaft präsentiert werden.

wältigung gesellschaftlicher und ökologischer Herausforderungen erwartet wird. Mehr noch: Mit dem Verweis auf eine prospektive technologische (Teil-)Lösung gesellschaftlicher Mega-Herausforderungen wie des Klimawandels wird zugleich an allgemeinpolitische Debatten über unverzichtbare und drängende gesellschaftliche Reformnotwendigkeiten angeknüpft. Zudem werden damit diskursive Anschlussmöglichkeiten für Akteure jenseits der zunächst angesprochenen Fachöffentlichkeit eröffnet und Akzeptanz und Legitimität erzeugt.

Das Versprechen, dass KI nachhaltige Lösungsmöglichkeiten für soziale, ökonomische und ökologische Herausforderungen bietet, wirkt allerdings nur dann wirklich überzeugend, wenn das Timing stimmt. Anders formuliert: Es muss den „Nerv der Zeit“ (Kieser 1996, S. 26) treffen. Ohne Frage trifft das für das Thema KI zu, denn es spricht den vorherrschenden Zeitgeist über die vielfach als notwendig und machbar angesehene Modernisierung der Gesellschaft durch neue Technologien, insbesondere durch Digitalisierung, an (z. B. McAfee und Brynjolfsson 2017). Der hinter dieser Rhetorik stehende gesellschaftliche Common Sense ist die bis heute festverwurzelte Auffassung, dass Technologieentwicklung als zentraler treibender Faktor der sozialen Entwicklung zu begreifen sei. Diese ist jedoch, wie schon angesprochen, als technologischer Determinismus zu apostrophieren. Denn übersehen werden Basiserkenntnisse der sozialwissenschaftlichen Innovations- und Technikforschung, wonach zwischen der Entwicklung neuer Technologien und ihren möglichen Anwendungspotenzialen sowie ihrer Diffusion und der konkreten Implementation keinesfalls ein eindeutiger Zusammenhang besteht. Vielmehr handelt es sich um einen komplexen und wechselseitigen Zusammenhang, der von einer Vielzahl nicht-technischer, ökonomischer, sozialer und politischer Faktoren geprägt wird (z. B. Rogers 2003).

7.2 Dominante Industrieorientierung

Diese generelle KI-Rhetorik ist verknüpft mit einem Fokus auf generelle Anwendungspotenziale der KI im industriellen Sektor. Dabei konvergiert das Thema KI mit der immer wieder aufkeimenden weit verbreiteten Furcht, dass Deutschland den Anschluss an den internationalen Technologiewettlauf zu verpassen und die Position des „Exportweltmeisters“ zu verlieren droht. Gerade KI sei aber, so Wolfgang Wahlster, die Voraussetzung „für die Veredelung unserer in Deutschland produzierten Produkte“ (Armbruster 2018). Zwar werden auch weitere Anwendungsfelder etwa im medizinischen Bereich und in der Pflege, im Landwirtschaftssektor, im Finanzbereich oder auch beim autonomen Fahren in den Blick genommen, jedoch fokussiert sich die Debatte über die europäische und deutsche KI besonders auf zukünftige industrielle Anwendungen. So ist die KI-Innovationspolitik von dem Versprechen gekennzeichnet, mittels KI die industrielle Entwicklung massiv zu fördern (Köstler und Ossewaarde 2021). Diese Sicht gilt für die Phase der Expertensysteme in den 1980ern wie insbesondere für die Boomphase seit den 2010er-Jahren (Zhang et al. 2021, S. 84 ff.). Die angesprochene Kopplung des KI-Diskurses mit der industrieorientierten Vision Industrie 4.0 belegt diesen Zusammenhang hinreichend.

Die Industrieorientierung im laufenden KI-Diskurs wird zudem damit begründet, dass die USA und nicht zuletzt China „einen großen Vorsprung bei grundlegenden KI-Werkzeugen“ der KI hätten. Demgegenüber „glänzen deutsche Forschungseinrichtungen und Unternehmen“, so acatech (2020, S. 8), „durch deutliche Vorteile in der industriellen Anwendung“. Daher biete sich der Fokus auf die Industrie geradezu an, da dieses Anwendungsfeld etwa in den USA eine eher nachgeordnete Rolle einnehme und man damit ein Alleinstellungsmerkmal habe. Mit der Industrieorientierung werden so international deutliche Konkurrenzvorteile bei der KI-Entwicklung erwartet. Aus der Perspektive international dominierender Digitalkonzerne, so ein interviewter Wissenschaftler, handele es sich bei industriellen Anwendungen um „Nischen“. Diese seien aus deren Sicht oft nicht groß genug und daher für diese uninteressant. Indes seien jene industriellen Nischen hinreichend groß, sodass sich KI-Entwicklungen für diese lohnten, sich aussichtsreiche Anwendungspotenziale ergeben und damit die industrielle Orientierung der KI in Deutschland als Alleinstellungsmerkmal ausgebaut werden könne. So stellt auch die EU-Kommission in ihrem Weißbuch über KI fest, dass Europa im internationalen Vergleich Spitzenreiter beim Einsatz von KI in der verarbeitenden Industrie sei. Daher sollten die europäischen Stärken der industriellen und gewerblichen Absatzmärkte bei der KI-Entwicklung genutzt werden (EU 2020, S. 4).

Die Orientierung auf die Entwicklung und Anwendung industrieller KI-Systeme verweist unübersehbar auf die besonderen industriellen Strukturbedingungen des deutschen wie aber auch teilweise des europäischen Wirtschafts- und Innovationssystems: Zum Ersten reflektiert sie generell die strukturelle Dominanz der Industrie im Wirtschafts- und Innovationssystem, insbesondere den ausgeprägten innovationspolitischen Einfluss der Kernindustrien. Zum Zweiten wird auf die in diesem Kontext traditionellen engen kooperativen Beziehungen zwischen Wissenschaft und Industrie angeknüpft (Botthof et al. 2020). Zum Dritten ist das hohe Ausbildungsniveau von technischen Fachkräften und Ingenieur:innen von Bedeutung, welches die zukünftige Nutzung von KI-Werkzeugen in diesem Kontext deutlich erleichtert (acatech 2020).¹⁰

8 Technikutopie KI: Fazit und Ausblick

Ohne Frage verbinden sich mit der KI-Dynamik beachtliche Entwicklungs- und Anwendungserfolge, die spezifische und oft standardisierte Anwendungen in den verschiedensten gesellschaftlichen Bereichen umfassen. Typisch ist hier das Smartphone, dessen Funktionen ohne KI-Komponenten nicht denkbar sind. Andere bekannte Anwendungen sind Spamfilter, Suchmaschinen, maschinelle Übersetzungen, medizinische Diagnostik, Systeme der Spracherkennung oder Planungs- und Steuerungssysteme im industriellen Sektor (z. B. Lenzen 2018; Görz et al. 2021). Zugleich

¹⁰ Dass insbesondere der innovationspolitische Diskurs über die KI in verschiedenen Ländern in engem Zusammenhang mit den gegebenen Strukturbedingungen steht, zeigt instruktiv jüngst auch eine Studie von Bareis und Katzenbach (2021). So sind in dieser Hinsicht deutliche Divergenzen zwischen USA, China, Frankreich und Deutschland erkennbar.

aber erweisen sich ihre Versprechungen immer wieder als sehr weitreichend und nicht selten unrealistisch. Übersehen werden oftmals die vielfältigen und bis heute ungelösten Herausforderungen einer weiteren KI-Entwicklung und vor allem die grundlegenden Entwicklungs- und Anwendungsgrenzen dieser Technologie. Ohne dieses seit Anbeginn der KI-Geschichte intensiv diskutierte Thema an dieser Stelle ausführen zu können, seien hier Aspekte wie fehlendes Kontextverständnis, die mangelnde Transparenz und Erklärbarkeit maschineller Aussagen sowie das kaum beherrschbare Problem der erforderlichen Qualität und Menge der für das Training elaborierter Systeme Maschinellen Lernens erforderlichen Daten zu nennen (Brödner 2019; Görz et al. 2021; Larson 2021). Solche Funktions- und Anwendungsprobleme gelten ganz offensichtlich auch für die in der Öffentlichkeit mit großer Faszination diskutierten Großen Sprachmodelle wie ChatGTP (z. B. Chomsky et al. 2023; Krischke 2023).

Freilich entziehen sich die der KI zugeschriebenen außergewöhnliche Leistungsfähigkeit und ihre gesellschaftlichen Effekte letztlich jeglicher Überprüfung, sodass sich die damit verbundenen Aussagen kaum nicht validieren lassen. Insofern gewinnt das Technologieversprechen der KI den Charakter einer nicht hinterfragbaren Technikutopie. Stets finden daher immer wieder geradezu rituelle Inszenierungen des Versprechens statt – etwa die beschriebenen Highlights der KI oder auch die innovationspolitischen Aufführungen wie die erwähnten Digitalgipfel der Bundesregierung –, mit denen dem Technologieversprechen neue Überzeugungskraft und vor allem auch erweiterte Erwartungshorizonte verliehen werden. Wie angesprochen, figuriert KI als ein zentrales technologisches Mittel, um die vielfältigen und drängenden sozio-ökonomischen Herausforderungen zu bewältigen und eine bessere Gesellschaft zu realisieren.

Mehr noch: Mit KI verbinden sich quasi „paradiesische Vorstellungen“ im Sinne einer technologisch hergestellten Verbesserung der Natur- und Gesellschaftssituation. Dabei besteht das spezifisch Utopische in der grundlegenden Annahme, dass sich die Menschheit, entgegen immer wieder aufkeimender technologisch begründeter Schreckens- und Katastrophenszenarien, dem technologischen Zuwachs an Verfügungsmacht über die Natur in ihrer Gesamtheit gewachsen zeigen werde (Münkler 1997, S. 62f.). Die Entwicklung von Wissenschaft und Technologie wird mithin als zentrales Mittel gesellschaftlicher Veränderungen zum Besseren hin begriffen.

Insofern steht in der Tat außer Frage, dass die KI-Entwicklung ihre Dynamik absehbar nicht verlieren wird und das Technologieversprechen der KI kontinuierlich fortgeschrieben wird. Im Grunde geht es aber um mehr: Mit der KI geht für viele Protagonisten die Hoffnung einher, die zunehmend unübersichtliche gesellschaftliche Komplexität steuernd und regulierend zu bewältigen und damit Unsicherheiten und drohende Kontrollverluste zu vermeiden. Der technikutopische Traum von einer dadurch möglichen, ausschließlich rationalen Planung und Steuerung gesellschaftlicher Entwicklung durch Technologieanwendung, jenseits von intransparenter sozialer Komplexität, interessengeleiteten politischen Diskussionen und aufwendigen demokratischen Prozeduren, scheint in Reichweite zu liegen. Das Versprechen KI gewinnt auch deshalb seine gegenwärtig hohe Bedeutung, weil die Technologie erwarten lässt, dass diejenigen Situationen bewältigt werden können, die Unsicherheit und Angst vor Kontrollverlust erzeugen. Unnötig werden damit aufwendige Ur-

sache-Wirkungs-Analysen, die konfliktthaltige Interpretation widersprüchlicher wissenschaftlicher Forschungsergebnisse sowie der Entwurf von Handlungs- und Lösungsstrategien. Vielmehr verspricht die Technologie eine autonome und smarte Lösung für übermächtige gesellschaftliche Probleme wie etwa die Klimakrise.

Es handelt sich hier um jene Erwartung, die der Internet-Kritiker Evgeny Morozov als „Solutionismus“ gefasst hat. Gemeint ist damit das Definieren von „complex social situations either as neatly defined problems with definite, computable solutions or as transparent and self-evident processes that can be easily optimized – if only the right algorithms are in place“ (Morozov 2013, S. 5). Allgemein gesprochen geht es um das Versprechen, dass eine konfliktfreie Optimierung der gesellschaftlichen Produktivität möglich wird (Zuboff 2019, S. 410). Formuliert wird damit eine Gesellschaftsvision, wonach weniger von einem mit politischen Mitteln verfolgten Projekt, als vielmehr durch technologische Innovationen eine grundlegende Veränderung der Gesellschaft zu erwarten sei (Münkler 1997, S. 63).

Diese Auffassung erweist sich als überaus einflussreich und prägt in der gegenwärtigen „Hypephase“ der KI den politischen und öffentlichen Diskurs. Dabei kann dieser Effekt nicht von der damit seit Jahrzehnten in der Öffentlichkeit verknüpften virulenten Faszination getrennt werden, die vom Begriff der Künstlichen Intelligenz grundsätzlich ausgeht. Die Erfindung dieses Begriffs durch John McCarthy bei der Dartmouth Konferenz 1956 müsse insofern als „genialer PR-Coup“ bezeichnet werden – so ein interviewter Experte. Denn er schließt an die schon in den 1950er-Jahren beginnende Computereuphorie an und trägt damit zu einer Begründung des späteren technologischen und gesellschaftlichen Fortschrittsoptimismus bei. Mehr noch: Das Technologieverprechen der KI bezieht seine Überzeugungskraft letztlich vom Mythos der intelligenten Maschine, die der menschlichen Intelligenz ebenbürtig, wenn nicht gar überlegen sei. Eine bis in die Antike zurückreichende historische Betrachtung legt offen, dass dieser Mythos, ungeachtet aller Kritik, Skepsis oder Furcht, bislang keinen dauerhaften Schaden genommen hat und noch immer regen Anklang findet. Ohne dieses Argument an dieser Stelle ausführen zu können, beruht diese Faszination zu einem gewichtigen Teil auch auf der Vorstellung, dass mit KI die Defizite des „Mängelwesens Mensch“ (Arnold Gehlen) überwunden werden können (Marquis et al. 2020). Dabei korreliert diese Mythenbildung damit, dass die KI für viele ihrer Protagonisten und die begeisterten Laien in ihren Grundlagen und ihrer Funktionsweise nur wenig transparent und letztlich rätselhaft ist und bleibt. Voraussetzung hierfür ist auch die angesprochene Unschärfe des Begriffs der KI, in die sich weitreichende technologische Fähigkeiten problemlos hineininterpretieren lassen.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betref-

fende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften) (2017). Fachforum Autonome Systeme: Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Abschlussbericht Langversion. <https://www.acatech.de/publikation/fachforum-autonome-systeme-chancen-und-risiken-fuer-wirtschaft-wissenschaft-und-gesellschaft-abschlussbericht/download-pdf?lang=de>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften) (2020). *Künstliche Intelligenz in der Industrie*. München: acatech.
- Ahrweiler, P. (1995a). *Künstliche Intelligenz-Forschung in Deutschland. Die Etablierung eines Hochtechnologie-Fachs*. Münster: Waxmann.
- Ahrweiler, P. (1995b). KI West und KI Ost: Die Institutionalisierung eines Hochtechnologie-Fachs in Deutschland. In W. Rammert (Hrsg.), *Soziologie und künstliche Intelligenz. Produkte und Probleme einer Hochtechnologie* (S. 111–131). Campus.
- Armbruster, A. (2018). „Wir veredeln mit KI unsere Exporte.“ Im Gespräch: Wolfgang Wahlster. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 06.07.2018, S. 16.
- Bareis, J., & Katzenbach, C. (2021). Talking AI into being: The narratives and imaginaries of national AI strategies and their performative politics. *Science, Technology, & Human Values*, 47(5), 1–27.
- Barth, G., Christaller, T., Cremers, A. B., Neumann, B., Radermacher, F. J., Radig, B., Richter, M. M., Siekmann, J. H., & von Seelen, W. (1991). Künstliche Intelligenz. Perspektive einer wissenschaftlichen Disziplin und Realisierungsmöglichkeiten. *Informatik Spektrum*, 14(4), 201–206.
- Barthelmeß, U., & Furbach, U. (2021). Computer auf dem Weg zum Bewusstsein. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 06.07.2021. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/digitec/computer-auf-dem-weg-zum-bewusstsein-17421543.html?premium>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Beckert, B. (2021). Vertrauenswürdige künstliche Intelligenz – Ausgewählte Praxisprojekte und Gründe für das Umsetzungsdefizit. *Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, 30(3), 17–22.
- Bender, G. (2005). Technologieentwicklung als Institutionalisierungsprozess. *Zeitschrift für Soziologie*, 34(3), 170–187.
- Beuschel, W. (1988). Expertensysteme auf dem Weg in die Arbeitswelt – Zur Untersuchung betrieblicher Veränderungen beim Einsatz „Künstlicher Intelligenz“. WZB Discussion Paper FS I. <https://bibliothek.wzb.eu/pdf/1988/i88-15.pdf>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Bibel, W. (2006). The beginnings of AI in Germany. *Künstliche Intelligenz*, 20(4), 48–54.
- Bibel, W. (2014). Artificial Intelligence in a historical perspective. *AI Communications*, 27(1), 87–102.
- Bibel, W., & Furbach, U. (2018). *Formierung eines Forschungsgebiets. Künstliche Intelligenz und Intellekt an der Technischen Universität München*. München: Deutsches Museum.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., & Pinch, T. J. (Hrsg.). (1987). *The social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Bitkom, & DFKI (Hrsg.). (2017). *Künstliche Intelligenz: Wirtschaftliche Bedeutung, gesellschaftliche Herausforderungen, menschliche Verantwortung (Positionspapier Stand: 05.09.2017)*. <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Entscheidungsunterstuetzung-mit-Kuenstlicher-Intelligenz.html>. Zugegriffen: Sep. 2023.
- BMFT (Bundesministerium für Forschung und Technologie) (1988). *Künstliche Intelligenz: Wissensverarbeitung und Musterverarbeitung*. Bonn: BMFT.
- Borup, M., Brown, N., Konrad, K., & Lente, H. van. (2006). The sociology of expectations in science and technology. *Technology Analysis & Strategic Management*, 18(3/4), 285–298.
- Botthof, A., Edler, J., Hahn, K., Hirsch-Kreinsen, H., Weber, M., & Wessels, J. (2020). *Transformation des Innovationssystems: Neue Anforderungen an die Innovationspolitik*. Fraunhofer ISI Discussion Papers – Innovation Systems and Policy Analysis No. 67. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/226655/1/1740215524.pdf>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Brauer, W. (1993). KI auf dem Weg in die Normalität. *KI*, 7(3), 85–91.

- Brödner, P. (2019). Grenzen und Widersprüche der Entwicklung und Anwendung autonomer Systeme. In H. Hirsch-Kreinsen & A. Karačić (Hrsg.), *Autonome Systeme und Arbeit. Perspektiven, Herausforderungen und Grenzen der Künstlichen Intelligenz in der Arbeitswelt* (S. 69–97). Bielefeld: transcript.
- Buchanan, B. G. (2006). A (very) brief history of Artificial Intelligence. *AI Magazine*, 26(4), 53–60.
- Bundesregierung (2018a). *Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD*. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/koalitionsvertrag-zwischen-cdu-csu-und-spd-195906>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Bundesregierung (2018b). *Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung*. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/strategie-kuenstliche-intelligenz-der-bundesregierung.html>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Buxmann, P., & Schmidt, H. (2021). Grundlagen der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens. In P. Buxmann & H. Schmidt (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz. Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen Erfolg* (S. 3–25). Berlin/Heidelberg: Springer Gabler.
- Cath, C., Wachter, S., Mittelstadt, B., Taddeo, M., & Floridi, L. (2018). Artificial Intelligence and the „good society“: The US, EU and UK approach. *Science and Engineering Ethics*, 24(2), 505–528.
- Chomsky, N., Roberts, I., & Watumull, J. (2023). The false promise of ChatGPT. *The New York Times*, 08.03.2023. <https://www.nytimes.com/2023/03/08/opinion/noam-chomsky-chatgpt-ai.html>. Zugegriffen: Sep. 2023.
- Christensen, A., & Finck, M. (2021). Discovery-Systeme: Eine Analyse ihrer Geschichte und Gegenwart mit dem Hype-Zyklus. *BIBLIOTHEK – Forschung und Praxis*, 45(3), 497–508.
- Cyranek, G., & Coy, W. (Hrsg.). (1994). *Die maschinelle Kunst des Denkens. Perspektiven und Grenzen der Künstlichen Intelligenz*. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg.
- Deutscher Bundestag (Hrsg.). (2020). Bericht der Enquete-Kommission Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökologische Potenziale. <https://dserver.bundestag.de/btd/19/237/1923700.pdf>. Zugegriffen: Sep. 2023.
- Deutscher Ethikrat (2023). Mensch und Maschine – Herausforderungen durch Künstliche Intelligenz. Stellungnahme. <https://www.ethikrat.org/fileadmin/Publikationen/Stellungnahmen/deutsch/stellungnahme-mensch-und-maschine.pdf>. Zugegriffen: Sep. 2023.
- Dickel, S. (2023). Der kybernetische Blick und seine Grenzen. Zur systemtheoretischen Selbstbeschreibung der digitalen Gesellschaft. *Berliner Journal für Soziologie*, 33(3), 197–226.
- DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (2000) [1983]. Das „stahlharte Gehäuse“ neu betrachtet: Institutioneller Isomorphismus und kollektive Rationalität in organisationalen Feldern. In H.-P. Müller & S. Sigmond (Hrsg.), *Zeitgenössische amerikanische Soziologie* (S. 147–173). Opladen: Leske + Budrich.
- Dostal, W. (1993). Expertensysteme und Beschäftigung – Gibt es derzeit erkennbare Auswirkungen von Systemen Künstlicher Intelligenz auf Beschäftigung und Berufe? *Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, 26(1), 63–76.
- Ecker, W., Coulon, C.-H., & Kohler, M. (2021). *KI in die Anwendung bringen – Eine Gemeinschaftsaufgabe für Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Politik*. Whitepaper Plattform Lernende Systeme. München: acatech.
- EFI (Expertenkommission Forschung und Innovation) (2018). Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands. https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Gutachten/2018/EFI_Gutachten_2018.pdf. Zugegriffen: Sept. 2023.
- EU (European Commission, Directorate-General of Communications Networks, Content & Technology) (2020). European enterprise survey on the use of technologies based on artificial intelligence. Final report. <https://data.europa.eu/doi/10.2759/759368>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Forschungsunion & Acatech (Hrsg.). (2013). Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. <https://www.acatech.de/publikation/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-4-0-abschlussbericht-des-arbeitskreises-industrie-4-0/download-pdf?lang=de>. Zugegriffen: Sep. 2023.
- Görz, G., Braun, T., & Schmid, U. (2021). Einleitung. In G. Görz, T. Braun & U. Schmid (Hrsg.), *Handbuch der Künstlichen Intelligenz*. 6. Aufl. (S. 1–26). München: De Gruyter.
- Groth, O. J., & Straube, T. (2018). *Bewertung der deutschen KI-Strategie – Teil 3*. Berlin: Konrad Adenauer Stiftung.
- Heimbrecht, F. (2021). KI: Der nächste Winter kommt bestimmt. <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/technologie/ki-der-naechste-winter-kommt-bestimmt/>. Zugegriffen: Sep. 2023.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2016). „Industry 4.0“ as promising technology: Emergence, semantics and ambivalent character. <https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/35303/1/Promising%20final.pdf>. Zugegriffen: Sept. 2023.

- Hirsch-Kreinsen, H. (2023). *Das Versprechen der Künstlichen Intelligenz. Gesellschaftliche Dynamik einer Schlüsseltechnologie*. Frankfurt a. M.: Campus.
- Institut der deutschen Wirtschaft (2023). Neues Wachstumspotenzial für die deutsche Wirtschaft. Interview mit Michael Hüther. <https://www.iwkoeln.de/presse/interviews/michael-huether-neues-wachstumspotenzial-fuer-die-deutsche-wirtschaft.html>. Zugegriffen: Okt. 2023.
- Kaltheuner, F. (Hrsg.). (2021). *Fake AI*. Manchester: Meatspace.
- Kersting, K. & Tresp, V. (2019). Maschinelles und Tiefes Lernen. Der Motor für „KI made in Germany“. <https://www.acatech.de/publikation/maschinelles-und-tiefes-lernen-der-motor-fuer-ki-made-in-germany/download-pdf?lang=de>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Kieser, A. (1996). Moden & Mythen des Organisierens. *Die Betriebswirtschaft*, 56(1), 21–39.
- Koehler, J. (2021). Zum Begriff der Künstlichen Intelligenz. https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/import/11269_KI-Kunst-JKoehler-PreprintVersion.pdf. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Konrad, E. (1998). Zur Geschichte der Künstlichen Intelligenz in der Bundesrepublik Deutschland. In D. Siefkes, P. Eulenhöfer, H. Stach, & K. Städtler (Hrsg.), *Sozialgeschichte der Informatik. Studien zur Wissenschafts- und Technikforschung* (S. 287–296). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Konrad, K. (2006). The social dynamics of expectations: The interaction of collective and actor-specific expectations on electronic commerce and television. *Technology and Strategic Management*, 18(3–4), 429–444.
- Köstler, L., & Ossewaarde, R. (2021). The making of AI society: AI futures frames in German political and media discourses. *AI & Society*, 37(6), 1–15.
- Krischke, W. (2023). Trainingsrunden für Sprachroboter. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 02.02.2023. <https://www.faz.net/aktuell/karriere-hochschule/hoersaal/trainingsrunden-fuer-sprachroboter-wie-funktioniert-chatgpt-3-18623643.html>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Kroll, H., Berghäuser, H., Blind, K., Neuhausler, P., Scheifele, F., Thielmann, A., & Wydra, S. (2022). *Schlüsseltechnologien. Studie zum deutschen Innovationssystem, 7-2022*. https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Studien/2022/StuDIS_07_2022.pdf. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Larson, E. J. (2021). *The myth of Artificial Intelligence. Why computers can't think the way we do*. London: Belknap.
- Lauer, C. (2023). ChatGPT sorgt für Aufregung – was ihr über den KI-Chatbot wissen müsst und wofür ihr ihn einsetzen könnt. *Business Insider*, 03.02.2023. <https://www.businessinsider.de/wissenschaft/chat-gpt-sorgt-fuer-aufregung-was-ihr-ueber-den-ki-chatbot-wissen-muesst-und-wofuer-ihr-ihn-einsetzen-koennt-g/>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Lenzen, M. (2018). *Künstliche Intelligenz. Was sie kann und was uns erwartet*. München: C. H. Beck.
- Lohman, L. (2020). Interpretation machines: Contradictions of „Artificial Intelligence“ in 21st century capitalism. In L. Panitch & G. Albo (Hrsg.), *Beyond digital capitalism. New ways of living*. Socialist Register Nr. 57 (S. 1–20). London: Merlin.
- Madsen, D. Ø. (2019). The emergence and rise of Industry 4.0 viewed through the lens of Management Fashion Theory. *Administrative Sciences*, 9(3), 1–25.
- Marquis, P., Papini, O., & Prade, H. (2020). Elements for a history of Artificial Intelligence. In P. Marquis, O. Papini, & H. Prade (Hrsg.), *A guided tour of Artificial Intelligence research. Knowledge representation, reasoning and learning* (S. 1–44). Cham: Springer Nature.
- McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2017). *Machine – platform – crowd. Harnessing our digital future*. New York/London: Norton & Company.
- McCorduck, P. (2004). *Machines Who Think. A personal inquiry into the history and prospects of Artificial Intelligence*. Natick: A K Peters.
- McRobbie, M. A., & Siekmann, J. H. (1988). Artificial Intelligence: Perspectives and predictions. *AI Communications*, 1(4), 16–29.
- Morozov, E. (2013). *To save everything, click here. Technology, solutionism and the urge to fix problems that don't exist*. London: Penguin.
- Münkler, H. (1997). Moral und Maschine – Star Trek im Spannungsfeld von Sozialutopie und technologischem Fortschritt. In K.-U. Hellmann & A. Klein (Hrsg.), „Unendliche Weiten...“. *Star Trek zwischen Unterhaltung und Utopie* (S. 59–71). Frankfurt a. M.: Fischer.
- Nilsson, N. J. (2010). *The quest for Artificial Intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- O'Donnell, B. (2019). Opinion: The contradictory state of AI – Less magic, More grunt Work. *Techspot*, 23.07.2019. <https://www.techspot.com/news/81093-opinion-contradictory-state-ai.html>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Peteranderl, S. (2021). Wie künstliche Intelligenz die Klimakrise bekämpfen kann. *Der Spiegel*, 15.08.2021. <https://www.spiegel.de/ausland/kuenstliche-intelligenz-wie-tech-werkzeuge-im-kampf-gegen-den->

- klimakrise-helfen-a-f7ed1f82-790a-4d4f-be34-22196d99730e?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSvViISjc8RPU89NcCvtlFcJ. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Plattform Lernende Systeme (o.D.a). KI-Landkarte. <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Plattform Lernende Systeme (o.D.b). Selbstverständnis und Ziele der Plattform. <https://www.plattform-lernende-systeme.de/selbstverstaendnis.html>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Reuse, B. (2008a). Schwerpunkte der Informatikforschung in Deutschland in den 90er-Jahren. In B. Reuse & R. Vollmar (Hrsg.), *Informatikforschung in Deutschland* (S. 61–100). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Reuse, B. (2008b). Schwerpunkte der Informatikforschung in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2006. In B. Reuse & R. Vollmar (Hrsg.), *Informatikforschung in Deutschland* (S. 101–130). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Rip, A. (2018). Technology as prospective ontology. In A. Rip (Hrsg.), *Futures of science and technology in society* (S. 135–155). Wiesbaden: Springer VS.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations*. 5. Aufl. New York: Free Press.
- Roser, M. (2022). The brief history of artificial intelligence: The world has changed fast – what might be next? *Our World in Data*, 06.12.2022. <https://ourworldindata.org/brief-history-of-ai>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Rothe, R. (2020). Was KI „Made in Europe“ braucht. *Forbes*, 18.07.2020. <https://www.forbes.at/artikel/was-ki-made-in-europe-braucht.html>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence. A modern approach*. 3. Aufl. Boston: Prentice Hall.
- Seising, R., & Dittmann, F. (2018). Eine historisch-kritische Einführung. In W. Bibel & U. Furbach (Hrsg.), *Formierung eines Forschungsgebiets. Künstliche Intelligenz und Intellektik an der Technischen Universität München* (S. 9–16). München: Deutsches Museum.
- Siekman, J. (1994). Künstliche Intelligenz: Von den Anfängen in die Zukunft. In G. Cyranek & W. Coy (Hrsg.), *Die maschinelle Kunst des Denkens* (S. 11–40). Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg.
- Siekman, J. (2009). Die Entwicklung der Disziplin in Deutschland. *Künstliche Intelligenz*, 23(1), 47–52.
- Sträter, W. (1993). Die fetten Jahre sind vorbei. *Taz*, 19.11.1993, S. 23.
- Struss, P. (2008). Wissensbasierte Systeme: Verbundprojekt INDIA. In B. Reuse & R. Vollmar (Hrsg.), *Informatikforschung in Deutschland* (S. 167–178). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Teich, I. B. (2020). Meilensteine der Entwicklung Künstlicher Intelligenz. *Informatik Spektrum*, 43(4), 276–284.
- Toosi, A., Bottino, A. G., Saboury, B., Siegel, E., & Rahmin, A. (2021). A brief history of AI: How to prevent another winter. A critical review. *PET Clinics*, 16(4), 449–469.
- UnternehmerTUM (2019). *Neue Initiative AI4Germany*. Stand: 19.11.2019. <https://www.unternehmertum.de/presse/neue-initiative-ai4germany>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Van Lente, H., & Rip, A. (1998). Expectations in technological developments: An example of prospective structures to be filled in by agency. In D. Cornelis & B. van der Meulen (Hrsg.), *Getting new technologies together. Studies in making sociotechnical order* (S. 203–229). Berlin/New York: De Gruyter.
- Wahlster, W. (2017). Künstliche Intelligenz als Grundlage autonomer Systeme. *Informatik Spektrum*, (40), 409–418.
- Wahlster, W. (2020). Deep Learning alleine reicht nicht. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 07.09.2020. <https://www.faz.net/-ikh-a3574>. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Whitley, R. (2000). *The intellectual and social organization of the sciences*. 2. Aufl. Oxford: Oxford University Press.
- Zhang, D., Mishra, S., Brynjolfsson, E., Etchemendy, J., Ganguli, D., Grosz, B., Lyons, T., Manyika, J., Niebles, J. C., Sellitto, M., Shoham, Y., Clark, J., & Perrault, R. (2021). The AI Index 2021 Annual Report. https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/11/2021-AI-Index-Report_Master.pdf. Zugegriffen: Sept. 2023.
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism. The fight for a human future at the new frontier of power*. New York: Public Affairs.

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Hartmut Hirsch-Kreinsen geb. 1948. Professor i. R. für Wirtschafts- und Industriesoziologie an der Technischen Universität Dortmund, Research Fellow an der Sozialforschungsstelle Dortmund; Forschungsschwerpunkte: Innovations- und Techniksoziologie, Arbeits- und Industriesoziologie, insb. digitale Transformation von Arbeit und Gesellschaft. Ausgewählte Veröffentlichungen: Das Versprechen der Künstlichen Intelligenz. Gesellschaftliche Dynamik einer Schlüsseltechnologie, 2023; (mit R. Bohn, S. Pfeiffer & M. Will-Zocholl) Lexikon der Arbeits- und Industriesoziologie (3. Aufl.), 2023; Digitale Transformation von Arbeit. Entwicklungstrends und Gestaltungsansätze, 2020.

Thorben Krokowski geb. 1992. Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Sozialforschungsstelle der Technischen Universität Dortmund, Doktorand im GRK 2193. Forschungsschwerpunkte: Arbeits- und Organisationssoziologie, Digitalisierung, Managementprozesse, Soziologie der Internationalisierung und Flexibilisierung. Ausgewählte Veröffentlichungen: Vom Great Man zum Great Servant, in: R. Kopp, B. Dworschak & R. Senderek (Hrsg), Zusammen Führen. Eine handlungsorientierte Einführung und praxisbasierte Impulse für Führung in der soziodigitalen Transformation, 2023; (mit H. Hirsch-Kreinsen) Vertrauenswürdige KI Made in Germany und Europe: Distinktionsmerkmal oder Verkaufstrick?, 2022; (mit M. González Ocanto) Führungskräftearbeit als interaktionsbasierte Dienstleistung: Interaktionsarbeit, Digitalisierung, Führung, 2021.