2022

technische universität dortmund

sfs Sozialforschungsstelle Dortmund

BEITRÄGE AUS DER FORSCHUNG
Band 209

Hartmut Hirsch-Kreinsen

Soziale Dynamik der Künstlichen Intelligenz

Impressum
Beiträge aus der Forschung, Band 209
ISSN: 0937-7379
Dortmund 2022

Sozialforschungsstelle Dortmund (sfs)
Fakultät Sozialwissenschaften | Technische Universität Dortmund
Evinger Platz 17
D-44339 Dortmund

Tel.: +49 (0)2 31 – 755-1
Fax: +49 (0)2 31 – 755-90205
Email: information.sfs@tu-dortmund.de
www.sfs.sowi.tu-dortmund.de

Hartmut Hirsch-Kreinsen

Soziale Dynamik der Künstlichen Intelligenz

Hartmut Hirsch-Kreinsen

Soziale Dynamik der Künstlichen Intelligenz

Zusammenfassung

Die Fragestellung des Beitrages ist, wie das Auf und Ab der Entwicklung der Künstlichen Intelligenz (KI) von ihrem Anbeginn an zu erklären ist. Dabei richtet sich der Fokus auf die Entwicklung der KI in der Bundesrepublik seit den 1970er Jahren, besonders auf ihre gegenwärtige Dynamik. Es wird davon ausgegangen, dass die schnellen Fortschritte der Informationstechnologien und der verschiedenen Methoden und Konzepte der KI der letzten Jahrzehnte allein diese Dynamik nicht zureichend erklären können. Denn aus sozialwissenschaftlicher Sicht handelt es sich dabei um eine verkürzte technikzentrierte Erklärung. Die These ist vielmehr, dass die KI als „Promising Technology“ zu verstehen ist und in ihren verschiedenen Entwicklungsphasen stets erneut von Technologieversprechen über ihre besondere Leistungsfähigkeit und Problemlösungsfähigkeiten für ökonomische und gesellschaftliche Herausforderungen getrieben wird.

Abstract

The paper focuses on the development dynamic of Artificial Intelligence (AI) and it will be asked how the ups and downs of this dynamic from the very beginning can be explained. In particular, the focus is on the development of AI in Germany since the 1970s, especially on its current dynamics. It is assumed that the rapid advances in information technology and the various methods and concepts of AI in recent decades alone cannot adequately explain this dynamic. From a sociological point of view, this is a simplified technological deterministic explanation. Rather, the thesis is that AI is to be understood as a "promising technology" and that in its various development phases it is constantly being driven by technological promises about its special performance and problem-solving abilities for economic and social challenges.

Inhalt

1. Das Auf und Ab der KI-Entwicklung 3
2. KI als „Promising Technology“ 4
3. KI, ein unpräziser Sammelbegriff 6
4. Weitreichende Versprechungen und realistische Perspektiven – die ersten Entwicklungsphasen in der Bundesrepublik 7
4.1 1970er: KI in der wissenschaftlichen Nische 7
4.2 Kommerzieller Aufbruch in den 1980ern 8
4.3 Krise gegen Ende der 1980er 10
4.4 Konsolidierung bis in die 2000er 11
5. Dynamik ab den 2010ern – „Big Bang“ der KI 12
5.1 Ein gesellschaftlich orientiertes Technologieversprechen 13
5.2 „Hartnäckige“ KI-Community 14
5.3 Stabile „Scientific-Political-Economic“-Konstellation 15
5.4 Legitimation im öffentlichen Diskurs 18
6. Divergierende Perspektiven 19
6.1 Ein „Goldenes Zeitalter“ der KI? 19
6.2 Ein neuer AI-Winter? 19
6.3 Differenzierte Sichtweisen 20
7. Zur Architektur des Technologieversprechens 22
7.1 Generalisierende Semantik 22
7.2 Technikutopie KI 23
Literatur 26

1. Das Auf und Ab der KI-Entwicklung

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, ist ein Aufeinanderfolgen von Aufschwung- und Krisenphasen, letztere als „AI-Winter“ bezeichnet. Spätestens seit den 2010er Jahren lässt sich allerdings ein kontinuierlicher Aufschwung der KI-Entwicklung identifizieren, einhergehend mit der Diffusion dieser Technologie in verschiedenste gesellschaftliche Anwendungsfelder sowie einem dazugehörigen Diskurs darüber, der zeitweise den Charakter eines „Hypes“ annimmt.

Dieser dynamische und widersprüchliche Verlauf der KI-Entwicklung ist seit langer Zeit Gegenstand intensiver Forschungen und ausführlicher Debatten. Eine allgemein akzeptierte Interpretation ist, dass dieser wechselnde Verlauf maßgeblich von teilweise überzogenen Erwartungen angesichts oft nur beschränkter Leistungsfähigkeit der jeweils verfügbaren KI-Systeme und -Methoden und daraus resultierenden Enttäuschungen geprägt ist. Dessen ungeachtet wird die gleichwohl fortschreitende Entwicklung der KI vor allem auf den kontinuierlich steigenden informationstechnologischen Fortschritt sowie die sich dadurch ständig erweiternden Nutzungsmöglichkeiten für KI-Konzepte und -Methoden zurückgeführt. Als zentrale Faktoren werden hierbei besonders die in den letzten Jahren massiv gestiegene Leistungsfähigkeit und Rechenkapazität von Computern, die Entwicklung nutzbarer komplexer KI-Konzepte wie neuronale Netze und schließlich Big Data-Methoden und die Verfügung über große Datenmengen besonders über das Internet angeführt.

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 der Mainstream der sozialwissenschaftlichen Technik- und Innovationsforschung seit langer Zeit überzeugend, 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 verknüpften Orientierungen, Zielsetzungen und Erwartungen nicht technisch, sondern sozial konstituiert (grundlegend hierzu: Bijker et al. 2012). 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 bestimmen die Dynamik der KI in ihren verschiedenen Phasen und inwieweit weisen diese ähnliche oder divergierende Verlaufsmuster auf?
- Warum ist das wissenschaftliche und öffentliche Interesse an der KI insbesondere nach dem Auftreten von Phasen des Abschwungs nicht dauerhaft zum Erlahmen gekommen?

Diesen Fragen soll am Beispiel der KI-Entwicklung in der Bundesrepublik genauer nachgegangen werden.[1] Sie beginnt in den 1970er Jahren und ist dabei nicht immer eindeutig von der internationalen KI-Entwicklung abzugrenzen, da sie mit dieser von ihrem Anbeginn an eng verknüpft ist. Sie durchläuft sehr 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 und noch nicht abgeschlossene 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 15 Interviews mit KI-Expert*innen aus Wirtschaft und Wissenschaft, die zwischen Oktober 2021 und Februar 2022 durchgeführt worden sind, als zusätzliches Informationsinstrument 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 als 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. Könnte man nämlich den dominanten Einfluss einer wissenschaftlich-technologischen oder auch ökonomischen Entwicklungslogik unterstellen, so würde die Erklärung dieser Zusammenhänge einer relativ einfachen Modelllogik folgen. Bestimmte Entwicklungsschritte lägen in dieser Sicht nicht nur nahe, sondern wären als unvermeidbar anzusehen und die Technologie würde einem eindeutigen Endpunkt, etwa in Form einer bestimmten Systemauslegung zustreben. Die sozialwissenschaftliche Technikforschung ist sich weitgehend einig darin, dass technikdeterministische Auffassungen derlei Art als soziologisch unterkomplex zu verwerfen sind. Vielmehr wird davon ausgegangen, den Verlauf

[1] Der Aufsatz fasst erste Ergebnisse einer Expertise zum Thema „Dynamik der Künstlichen Intelligenz" zusammen, die im Kontext des BMBF geförderten Projektes KI.Me.Ge. am ISF München durchgeführt wird; https://www.isf-muenchen.de/projekt/ki-mensch-gesellschaft-den-wandel-des-mensch-technik-verhaeltnisses-durch-kuenstliche-intelligenz-ganzheitlich-verstehen-und-bewerten-kimege/.

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

[3] Der Autor dankt Thorben Krokowski (Sozialforschungsstelle, TU Dortmund) für die Mitarbeit bei den Erhebungen sowie die ausführliche Kritik und die Anregungen zu einer früheren Fassung des vorliegenden Aufsatzes.

und die Ergebnisse technologischer Innovationen maßgeblich als Resultate sozialen Interesses sowie sozialer Entscheidungen aufzufassen (Bender 2005).

Wie die Innovationsforschung daher seit längerem überzeugend zeigt, sind interessengeleitete Entscheidungen über Innovationen stets von in eine ungewisse Zukunft gerichteten *Erwartungen* geprägt. Dies trifft sowohl für den Beginn einer neuen, möglicherweise radikalen Technikentwicklung, wie aber auch für eine inkrementelle Weiterentwicklung schon existierender Technologien zu (Borup et al. 2006; Konrad 2006; Rip 2018). Erwartungen oder auch Visionen und Szenarien über mögliche und wünschenswerte Entwicklungsperspektiven und damit verbundene sozio-ökonomische Effekte reduzieren die Ungewissheiten und die Komplexität von Innovationen und eröffnen konkrete Handlungsperspektiven für die Entwickler*innen und weitere beteiligte Akteure.

Präzisiert werden kann diese Argumentation mit dem Konzept der „Promising Technology" (van Lente & Rip 1998; Bender 2005). Die These ist, dass sich Akteure bei ihren Entscheidungen, an einer Technologieentwicklung teilzunehmen, an einem zunächst sehr allgemeinen Technologieversprechen orientieren, das mit dieser erst noch zu entwickelnden Technologie verknüpft wird. Ein Technologieversprechen ist demgemäß 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 trotz seines generellen Charakters ein Technologieversprechen aus der Sicht der angesprochenen Akteure und Öffentlichkeit 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 Adressaten als möglich und aussichtsreich zu verstehende Innovationspotenziale aufzeigt. Salopper formuliert: Es darf nicht Gefahr laufen, als bloßes Hirngespinst 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, an dessen Ende eine neue Technologie und ein institutionalisiertes soziotechnisches Feld entstehen, die es in dieser Art zuvor noch nicht gab.

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 und geprägt. Diese Entwicklungen führten zu einem bestimmten Stand der Forschung

und Technologie und generierten im Erfolgsfall schließlich ein institutionalisiertes sozio-technisches Feld.

3. KI, ein unpräziser Sammelbegriff

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“ bezeichnete Konferenz am Dartmouth College, New Hampshire in den USA 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: 2). Demnach kann die KI als Teil der Informatik als eine Ingenieurwissenschaft, sowie als Teil der Kognitionswissenschaft als eine Erkenntniswissenschaft angesehen werden. 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“. Diese besagt, dass kognitive Leistungen des Menschen das Ergebnis von Informationsverarbeitungsprozessen sind und menschliches Denken als ein formalisierbarer Eingabe-Ausgabe-Prozess anzusehen ist. 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“ (Ahrweiler 1995a: 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. Dabei ist die Frage, inwieweit eine Maschine sich selbst Ziele stellen kann oder ob Ziele nur vom Menschen vorgegeben werden können, 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. 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 (seit den 2010er Jahren) und sog. hybride Systeme (aktuell). Die verschiedenen Konzepte gehen teilweise auf historisch weit zurückliegende grundlegende Entwicklungen zurück, die erst sehr viel später wieder aufgegriffen und realisiert werden. So basieren die vielfach als modern angesehenen Konzepte

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

4. Weitreichende Versprechungen und realistische Perspektiven – die ersten Entwicklungsphasen in der Bundesrepublik

Eng verknüpft mit der KI-Entwicklung seit den 1950er Jahren in den USA und teilweise in Großbritannien beginnt sich in der Bundesrepublik die KI in den 1970er Jahren als Wissenschaftsdisziplin zu etablieren. Gemessen an Merkmalen wie der Art des Technologieversprechens, den beteiligten Akteuren, den Schwerpunkten der wissenschaftlichen und technologischen Entwicklung und dem jeweils erreichten Grad der Institutionalisierung eines soziotechnisches Feldes KI, lassen sich für den Zeitraum bis ca. 2010 vier Entwicklungsphasen unterscheiden.

4.1 1970er: KI in der wissenschaftlichen Nische

Die 1970er Jahre umfassen eine erste Phase der KI-Entwicklung in der Bundesrepublik mit folgenden Merkmalen:

(1) Zum einen werden Versprechungen und Visionen der KI aus den USA und auch aus Großbritannien von einer kleinen Gruppe von Nachwuchswissenschaftlern 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 Wissenschaftlern, die über mehr oder weniger ausgeprägte informelle Kontakte pflegen, sich über ihre Forschungsideen und Perspektiven locker austauschen, aber 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 DV-Programme der Bundesregierung gefördert wird.

(2) Zum zweiten richtet sich das Interesse dieser Gruppe auf die Entwicklung der Wissenschaftsdisziplin und nicht auf anwendungsorientierte Ziele eines neuen Wissenschafts- und Technologiefeldes. Insgesamt kann dabei von drei Forschungssträngen gesprochen werden: Zum einen die Themenfelder Deduktion und Theorembeweise, zum anderen an KI-Ideen orientierte Sprachverarbeitungsprojekte, und zuletzt arbeitet eine Gruppe von Physikern und Regelungstechnikern an Themen der Bildverarbeitung und Mustererkennung.

(3) Zum dritten kann der erste Schritt zu einer Institutionalisierung der frühen KI in der Bundesrepublik auf den Februar 1975 datiert werden, als am Institut der 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 wurden. Insbesondere aber wird ein kontinuierlich zu verschickender „Rundbrief“ verabredet, der über Forschungsaktivitäten informiert und als Gesprächsforum dienen soll. Der erste Rundbrief vom 25.5.1975 ist daher als das erste Schriftstück anzusehen, dass die deutsche KI-Forschung

dokumentiert. Es ist als formales Gründungsdokument, mithin als ein ausformuliertes Technologieversprechen der deutschen KI-Forschung anzusehen.

Bemerkenswert ist, dass die Entwicklung in Deutschland von der spätestens seit Ende der 1960er Jahre in den USA und in Großbritannien vorgebrachten heftigen Kritik und großen Skepsis an der KI nach allen Expertenaussagen kaum tangiert wird. Die dortige Kritik ist als Reaktion auf die nicht eingelösten großen Versprechungen aus der Anfangszeit der 1950er Jahre anzusehen. Bekannte Wissenschaftler wie Dreyfus und Weizenbaum brandmarken die KI unter anderem als „Irrlehre", „Alchemie" und „fehlgeleitetes technokratisches Denken" (Konrad 1998: 287f.). Eine vernichtende Kritik an den als überzogen angesehenen Zielen der KI wird auch Anfang der 1970er Jahre in Großbritannien im sog. Lighthill-Report formuliert und die Konsequenz ist, dass die Finanzierung der neuen Disziplin in Großbritannien weitgehend eingestellt wird. Rückblickend wird von einem „serious blow" für die KI gesprochen und die britische KI-Forschung verliert dadurch ihre bis dahin unbestrittene Führungsrolle in Europa (Bibel & Furbach 2018: 11; Ahrweiler 1995a: 62). Die Folge ist der Beginn einer KI-Phase, die international gesehen als erster „AI-Winter" (Teich 2020) bezeichnet wird.

Im Gegensatz dazu wird aber in Deutschland die Etablierung der KI nach Aussagen damals beteiligter Wissenschaftler weiter vorangetrieben. Dieser Prozess wird dadurch verstärkt, dass KI-Themen wie etwa die Entwicklung eines Schachprogramms gegen Ende der 1970er erstmalig größere Resonanz in den öffentlichen Medien finden. Auch trifft die KI auf eine wachsende Aufmerksamkeit der staatlichen Wissenschafts- und Forschungspolitik. Die neuen Informationstechnologien und damit auch die frühe KI werden als „moderne Schlüsseltechnologien" und als entscheidender „Produktivfaktor" für die zukünftige ökonomische und gesellschaftliche Entwicklung angesehen.[4]

4.2 Kommerzieller Aufbruch in den 1980ern

Anfang der 1980er Jahre beginnt eine Phase, die unisono als Beginn eines Aufschwungs der KI in der Bundesrepublik bezeichnet wird; es wird von einer „Aufbruchphase" (Ahrweiler 1995a: 104ff.), einem „fulminanten Aufschwung" (Bibel & Furbach 2018: 21) oder auch von einem „regelrechten Hype" (Teich 2020: 277) gesprochen. 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 ökonomischen 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 Möglichkeiten von Expertensystemen. Feigenbaum gilt als Vater dieser Systeme (Buxbaum & Schmidt 2021: 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" Entwick-

[4] So der damalige Forschungsminister Hans Matthöfer (zit. n. Ahrweiler 1995a: 85).

lungsfortschritte in Hinblick auf Methoden der Wissensrepräsentation, die komplexen Anwendungen wie die Erkennung von Sprache, Analyse und Synthese in der Chemie, sowie auf die medizinische Diagnostik, Therapie und Prospektion in der Mineralogie (Görz et al. 2021: 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 Technologiewettlauf eröffnet wird. Japanisches Ziel ist es, innerhalb von 10 Jahren eine Benutzeroberfläche für Computer auf der Grundlage der natürlichen Sprache zu schaffen, d.h. sie sollen in der Lage sein, mit dem Nutzer sprachlich zu interagieren. Eine forschungspolitische Reaktion auf den sich abzeichnenden internationalen Wettlauf ist in der Bundesrepublik das Förderprogramm „Informationstechnik" der Bundesregierung, das sich vornehmlich auf KI und KI-verwandte Themen wie Wissensverarbeitung und Mustererkennung fokussiert (Ahrweiler 1995b: 117ff.). Daneben ist die Initiative der EU-Kommission zu einem Europäischen Förderprogramm für die Informationstechnologie zu nennen, die unter Beteiligung von großen europäischen Elektronikkonzernen im Jahr 1984 im ersten „European Strategic Programme for Research in Information Technologies" (ESPRIT) münden. 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 & Furbach 2020).

Daneben treffen das Technologieversprechen 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 (McRobbie & Siekmann 1988). Teilweise richten die Unternehmen KI-Forschungsinstitute ein; so IBM 1985 ein „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 sog. Verbundprojekte, die kooperative FuE-Vorhaben fördern (Struss 2008).

In Hinblick auf eine fortschreitende Institutionalisierung der KI als Wissenschaftsdisziplin sind besonders drei Aspekte hervorzuheben:

(1) Zum einen erfährt sie eine schnell wachsende internationale Reputation. Ein Indikator hierfür ist, dass 1983 unter deutscher Leitung zwei große internationale KI-Konferenzen in Deutschland ausgerichtet werden (Bibel 2020).

(2) Zum zweiten wird die erste KI-Professur 1983 an der Universität Kaiserslautern geschaffen, auf die Jörg Siekmann berufen wird.

(3) 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 Public-Private-Partnership gegründet, an dem von Beginn an große internationale Firmen beteiligt sind (Groth & Straube 2018). Wissenschaftlicher Gründungsdirektor des DFKI ist Wolfgang Wahlster, der bis weit in die 2020er Jahre als einer der führenden Protagonisten der deutschen 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 Krise gegen Ende der 1980er

Gleichwohl tritt spätestens ab dem Ende der 1980er Jahre eine Situation ein, die als Krise der KI bzw. international als neuer bzw. zweiter „AI-Winter" bezeichnet wird (Teich 2020). Als zunehmend unübersehbar erweist sich damals das hohe Gap zwischen den formulierten Versprechungen 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 Experten betonen, 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: 8). Daher, so wird übereinstimmend von damals Beteiligten geurteilt, erweisen sich die ursprünglichen technologischen und ökonomischen Versprechungen der KI-Wissenschaftler 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 massiven „Erwartungsenttäuschungen" (Ahrweiler 1995a), die sich insbesondere bei vielen der beteiligten Unternehmen und in der Politik einstellen.

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 selbst mit dem Resultat, dass der Arbeitsmarkt für Informatiker*innen in der ersten Hälfte der 1990er Jahre zeitweisefaktisch 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 der 1980er und mit ihm die Scientific-Political-Economic-Konstellation erweisen sich als instabil und erodieren.

Dramatischer noch ist allerdings die damalige Entwicklung der KI in den USA: Folgt man Berichten, so werden in den späten 1980er Jahren staatliche Fördermittel der KI-Forschung „deeply and brutally" gekürzt. Die bis dahin KI stark fördernde militärische Forschungsagentur DARPA *kommt offenbar zu der Ansicht*, dass die KI keinesfalls die, wie versprochen, kommende aussichtsreiche Technologie sei und daher die Fördermittel auf Projekte umgeleitet werden, die als aussichtsreicher anzusehen seien (McCorduck 2004: 430f.). Zusammenfassend: Die KI-Entwicklung der 1980er Jahre folgt dem Muster des bekannten „Gartner Hype-Cycle" technologischer Innovationen, dem zufolge die Erwartungen über eine technologische Vision rasch zunehmen und später angesichts zunehmender Diffusions- und Realisationsprobleme nach einem einmal erreichten Gipfel in ein tiefes Tal der Enttäuschungen abstürzen (Christensen & Finck 2021: 497 ff.).

4.4 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, wie in der internationalen Diskussion oftmals betont, als AI-Winter verstehen. Vielmehr kann besonders für Deutschland, wie interviewte Wissenschaftler*innen bestätigen, von einer langen Phase der Konsolidierung der KI gesprochen werden. So notiert ein Informatiker Anfang der 1990er Jahre nach den überzogenen Versprechungen der 1980er und der anschließenden Krise: „KI auf dem Weg in die Normalität" (Brauer 1993). Es handelt sich dabei um einen Prozess, der primär von der Wissenschaft und von der Forschung vorangetrieben wird und kaum mehr die kommerziellen Dimensionen der 1980er Jahre aufweist. KI-Aktivitäten werden nur mehr partiell von der Forschungspolitik finanziert. Die weitere KI-Entwicklung verläuft allenfalls 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: 66). Privatwirtschaftliche Unternehmen sind an der weiteren Entwicklung wie aber auch der Anwendung KI-basierter Systeme nach allen vorliegenden Informationen nur noch sehr partiell beteiligt. Generell betrachtet, nicht nur in Hinblick auf KI, haben viele Unternehmen damals negative Erfahrungen mit Fehlinvestitionen und technologischen Fehlschlägen im Zusammenhang mit weitreichend automatisierten Systemen und digital-vernetzten Konzepten wie Computer Integrated Manufacturing (CIM) gemacht. 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 wird auch in der öffentlichen Debatte über die Potenziale wie auch die Risiken der zu diesem Zeitpunkt schon gar nicht mehr „ganz neuen" Technologie so gut wie

keine Notiz mehr genommen. Beleg für diese Situation ist ein „Positionspapier“ zur Gründung der Arbeitsgemeinschaft der deutschen KI-Institute aus dem Jahr 1991, in dem eine Reihe renommierter KI-Wissenschaftler recht differenzierte Erwartungen über die Perspektiven und zukünftige Leistungsfähigkeit der KI entwerfen. Dieses Papier lässt sich durchaus als ein erneutes Technologieversprechen mit freilich verhaltenen Perspektiven für die weitere KI-Entwicklung interpretieren (Barth et al. 1991):

- Einerseits betonen die Autoren die nach wie vor grundlegenden und weitreichenden Ziele der KI, dass nämlich die KI die Frage nach dem Wesen von Intelligenz und nach der technischen Realisierung von Funktionen, die sich davon ableiten ließen, verfolge.

- Andererseits aber wird relativ konkret hervorgehoben, dass sich die KI als Wissenschaft verstehe, die Konzepte, Modelle, Methoden, Werkzeuge und Know-how schafft, um anwendbare intelligente Systeme im Zusammenwirken mit anderen zu realisieren. Dies betrifft insbesondere die Planung und Diagnose, das Textverstehen sowie die Spracherkennung, Spracherzeugung, Bilderkennung und Bildauswertung, das automatische Beweisen und allgemeine Inferenzsysteme sowie die Weltmodellierung und Eigenmodellierung (beispielsweise für autonome Robotersysteme).

Die Konsolidierung und relativ praktische Orientierung der KI in den 1990er Jahren lässt sich daher an einer fortschreitenden Ausdifferenzierung der Themenfelder und Forschungsschwerpunkte festmachen. Die institutionelle Voraussetzung hierfür beschreibt ein damals einflussreicher KI-Wissenschaftler: Trotz der Krise haben die Boomjahre der 1980er etwas Positives bewirkt: „Sie hinterließen eine Forschungsstruktur für die KI, die sonst in Europa bisher unerreicht ist und mit der japanischen und amerikanischen Infrastruktur vergleichbar ist“ (Siekmann 1994: 24). Zudem ist Merkmal dieser Konsolidierungsphase eine Revitalisierung der in den USA schon in den 1960er Jahren auf die Seite gelegten konnektivistischen KI-Konzepte zulasten der symbolorientierten Ansätze (Görz et al. 2021). Auch schrittweise und im Verlauf der Zeit beginnt die Förderpolitik sich wieder mit KI und insbesondere der Entwicklung neuronaler Netze zu befassen. So werden als ein innovativer und erfolgreicher Forschungsschwerpunkt zu Beginn der 2000er Jahre besonders Entwicklungsschritte im Rahmen einer BMBF-Finanzierung in Richtung autonom handelnder virtueller Dialogpartner für den Menschen eingeleitet. Obgleich expliziert nicht angesprochen, schimmert dabei durchaus die bis in die Gründerzeit der KI zurückgehende Vision einer intelligenten Maschine und der Modellierung kognitiver Prozesse durch (Reuse 2008b).

5. Dynamik ab den 2010ern – „Big Bang“ der KI

Spätestens mit dem Beginn der zweiten Dekade der 2000er wird 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 einen die Entwicklung hochkomplexer KI-Methoden wie etwa der Statistik und der Wahrscheinlichkeitsrechnung sowie lernender Systeme, zum zweiten die vor allem über das Internet massive Zunahme global verfügbarer Daten und die Möglichkeiten, diese mit Big Data-Methoden nutzen zu können, zum dritten eine exponentiell stei-

gende 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: 506; Enquetekommission 2020: 48). Die Autor*innen Görz et al. bezeichnen diesen technologisch verursachten Schub als „*Big Bang of Deep Learning*“ (Görz et al. 2021: 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 Technologieversprechen

Dieser breite Technologieschub bietet nun die Voraussetzung für eine Reformulierung des Technologieversprechens der KI. Genau genommen lässt sich allerdings das Technologieversprechen dieser Entwicklungsphase der KI nicht eindeutig einem Dokument, einem Vortrag oder einer Tagung, wie es in den früheren Phasen zumeist der Fall gewesen ist, zuordnen. Vielmehr ist es ein fortlaufend präzisiertes Ergebnis eines längeren Diskussionsprozesses in den Jahren nach 2011, der von der einflussreichen KI-Community (s.u.) vorangetrieben wird und in dessen Verlauf eine Vielzahl programmatischer Publikationen vorgelegt wird (z.B. Fachforum/acatech 2016; EFI 2018; Bitkom/DFKI 2017). Diskursiver Bezugspunkt ist dabei stets die 2011 vorgestellte Vision von 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 Modernisierung, in den Fokus der öffentlichen Debatte. Dabei werden auch schon im Gründungsdokument von Industrie 4.0 weitergehende Perspektiven durch die Nutzung von KI avisiert (Forschungsunion/acatech 2013: 95). Darauf beziehen sich auch beispielsweise wiederholte programmatische Statements Wolfgang Wahlsters, der in Vorträgen das Konzept Industrie 4.0 um Künstliche Intelligenz als eine „Zweite Welle der Digitalisierung“ erweitert. Ziel müsse es sein, Daten digital zu „verstehen, veredeln, aktiv nutzen und monetarisieren“ (Wahlster 2016). Daher werden auch diesmal weitreichende ökonomische Wachstumserwartungen formuliert. Folgt man einer zusammenfassenden Prognose aus dem Jahr 2018, lässt die intensivierte Fokussierung von KI innerhalb von fünf Jahren eine zusätzliche Bruttowertschöpfung in Höhe von ca. 31,8 Mrd. Euro allein im produzierenden Gewerbe in Deutschland erwarten (Institut für Innovation und Technik 2018). Ökonomisch wird KI als „Beschleuniger“ (Enquetekommission 2020: 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 Technologieverspechen einen explizit gesellschaftsbezogenen Charakter gewinnt:

- Zum einen werden Anwendungspotenziale der KI für die verschiedensten gesellschaftlichen Anwendungsfelder hervorgehoben, z.B. Straßen- und Schienenverkehr, medizinische Diagnose, Assistenz und Pflege in einer alternden Gesellschaft, Einsatz autonomer Systeme in menschenfeindlichen Umgebungen oder Smart Homes mit mehr Energieeffizienz (Fachforum/acatech 2016: 2f.).

- Zum zweiten wird dezidiert die Erwartung formuliert, dass ökologische Herausforderungen wie die Begrenzung des Energie- und Ressourcenverbrauchs mithilfe von KI bewältigt werden können. Generell werden der smarten Technologie Potenziale für

die Bewältigung dieser Klimaherausforderungen 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/DFKI 2017: 2ff.).

Schließlich werden der intensive internationale Diskurs über KI als zukünftige Schlüsseltechnologie und die Furcht thematisiert, den Anschluss an den globalen Technologiewettlauf, insbesondere die 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: 81). Dies wird ausdrücklich auch als industriepolitische Notwendigkeit gesehen und es müsse darum gehen, deutsche Unternehmen im internationalen KI-Wettbewerb zu fördern. Dabei wird auch auf die drohenden Monopolisierungstendenzen der global agierenden Digitalkonzerne hingewiesen, allen voran die „Hyperscaler" Google, Facebook, Apple, Amazon, Microsoft und die chinesische Firma Baidu, denen durch deutsche und europäische Entwicklungsmaßnahmen und Innovationsstrategien der hiesigen Unternehmen entgegengetreten werden müsse (Enquetekommission 2020: 135ff.).

5.2 „Hartnäckige" KI-Community

Als Driving Force des Technologieversprechens erweist sich eine einflussreiche Gruppe von verschiedenen Akteuren, die als KI-Community zu bezeichnen ist. Ihr Kern ist die seit den 1990er Jahren konsolidierte Wissenschaftsdisziplin der KI. Sie weist nach Ansicht interviewter Expert*innen 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. Obgleich selten expliziert, spielt auch diesmal die Vision, einer intelligenten Maschine näher kommen zu können, eine motivierende Rolle. Darüber hinaus umfasst die Community Vertreter von IT- und Softwareunternehmen sowie einige an KI nach den Enttäuschungen der 1980er Jahre wieder interessierten Unternehmen aus der IT- und Elektrotechnischen Branche. 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 Akademie für Technikforschung (acatech). Sie vereinheitlicht die heterogenen Interessen der verschiedenen Akteure, indem sie für sie eine hochrangige Diskursplattform bietet.

Die KI-Community formuliert im Wesentlichen das Technologieversprechen, nimmt starken Einfluss auf den als Agendasetting zu bezeichnenden Prozess, die Definition von erforderlichen Entwicklungsschritten, sowie die politischen Innovationsmaßnahmen, und beeinflusst den öffentlichen Diskurs. In diesem Kontext wird etwa das sog. Fachforum Autonome Systeme konstituiert, das im Jahr 2016 Empfehlungen zur innovationspolitischen Förderung der KI vorlegt und den Prozess der breiten innovationspolitischen Förderung maßgeblich anstößt. 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/acatech 2016). Der programmatische Bericht dieses Gremiums wird der Bundeskanzlerin und der Bundesforschungsministerin u.a. vom damaligen Präsidenten von acatech, Henning Kagermann, im Rahmen der Messe CeBIT 2017 öffentlichkeitswirksam übergeben. Diese einflussreiche Position kann die KI-Community über dem zunehmenden Erfolg des Technologieversprechens kontinuierlich ausbauen. 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 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 indes deutlich über diese hinaus, indem sie sich stabilisiert und kontinuierlich erweitert. Sie ist der Kern des sich nun endgültig herausbildenden soziotechnischen Feldes der KI:

(1) Einerseits sprechen die ökonomischen und gesellschaftlichen Versprechen der KI-Community die Innovations- und Wirtschaftspolitik unmittelbar an und greifen die Formel von der KI als „Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts“ 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 für die Politik das Versprechung einer effektiven Bewältigung der vielfältigen gesellschaftlichen Herausforderungen durch die besondere Leistungsfähigkeit der Technologie von allergrößtem Interesse. Hinzu kommt auch ein ausgeprägtes Eigeninteresse politischer Akteure, welche sich nämlich mit dem Fokus auf KI und die damit verbundenen Versprechungen nach Industrie 4.0 einen weiteren innovationspolitischen „Leuchtturm“ gefunden zu haben erhoffen, wie es ein leitender Ministerialbeamter in einem Gespräch formuliert hat. Mittels jenem könne sich die Innovationspolitik als zukunftsorientiert ausweisen und Legitimation in der Öffentlichkeit verschaffen.

So werden die innovationspolitischen Empfehlungen zu KI des erwähnten Fachforums Autonome Systeme zunächst im Koalitionsvertrag der damaligen Bundesregierung Anfang des Jahres 2018 aufgegriffen. In diesem kündigt die damals neue Bundesregierung die „Weiterentwicklung der High-Tech-Strategie, u. a. mit Schwerpunkt auf Digitalisierung und künstliche Intelligenz“ an (Bundesregierung 2018a: 12). 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 präzisierte 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, werden von interviewten KI-Expert*innen als die zentrale Politikfunktion im Feld der KI angesehen. Eine wesentliche Koordinationsmaßnahme ist die Einrichtung der „Plattform Lernende Systeme“ durch das Forschungsministerium (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“ zu untersuchen.[5] Daneben habe, Äußerungen von Expert*innen zufolge, die staatliche finanzielle Förderung von einschlägigen Entwicklungsvorhaben eine wichtige „Hebelwirkung“ für die FuE-Finanzierung, da dadurch private Investitionen stimuliert würden.

(2) Zum zweiten 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 Industriesoftware, Automatisierungsanlagen oder im Feld des Industrial Internets, eine bestimmende Rolle (Enquetekommission 2020: 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. Darüber hinaus wird, vermittelt über die verschiedensten politisch initiierten Koordinationsmaßnahmen wie sog. Transfereinrichtungen, das Interesse einer zunehmenden Anzahl etablierter, nicht sonderlich technologieintensiver Unternehmen aus den industriellen Kernsektoren wie dem Maschinenbau oder der Konsumgüterbranche, an der KI geweckt. Folgt man aktuellen Daten des jährlich in Stanford erscheinenden AI Index Reports, nimmt die KI-Orientierung der Unternehmen in Deutschland in den letzten Jahren schnell zu. Differenziert man nach Wirtschaftssektoren, lässt sich dabei ein ausgesprochener Fokus auf industrielle Anwendungen ausmachen (Zhang et al. 2021: 84ff.).

(3) Zum dritten wird die Entwicklungsdynamik der KI von einer sehr schnell anwachsenden Landschaft hochspezialisierter Startups geprägt.[6] Seit 2011, so die Ergebnisse beim Blick

[5] https://www.plattform-lernende-systeme.de/arbeitsgruppen.html [28.07.2021].
[6] Eine Übersicht über die deutsche Landschaft der KI-orientierten Startups für das Jahr 2021 findet sich beispielsweise auf: https://www.appliedai.de/de/hub/2021-ai-german-startup-landscape-2 [25.10.2021].

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. nach Enquetekommission 2020: 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 auch beschleunigt. Denn gefördert werden die KI-Gründungen oftmals aus staatlichen Gründungsfonds wie aber auch mit Kapital von an KI-Innovationen interessierten größeren, etablierten Unternehmen.

Insgesamt ist die Unternehmensentwicklung von einer zunehmenden KI-orientierten Vernetzung zwischen den unterschiedlichsten Unternehmenstypen geprägt. Ein Beispiel hierfür ist die staatlich geförderte Initiative „AI4Germany".[7] 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.

(4) Zum vierten ist die KI-Dynamik in den 2010er Jahren von einem weiteren Ausbau der Wissenschaftsdisziplin KI auf den verschiedensten institutionellen Ebenen gekennzeichnet. Diese reichen von der Grundlagenforschung etwa bei Max-Planck-Instituten über die angewandte Grundlagenforschung und den Transfer am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) bis hin zur rein anwendungsorientierten Entwicklung bei verschiedenen Fraunhofer-Instituten, sog. Industrie-Labs und industriell dominierten Clustern. Insgesamt entsteht damit eine oftmals staatlich geförderte weit verzweigte und ausdifferenzierte Forschungslandschaft.[8] Dadurch 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.

(5) 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 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 zum Thema Mensch und Maschine eine grundlegende

[7] https://www.unternehmertum.de/presse/neue-initiative-ai4germany [03.01.2022].
[8] Eine Übersicht über die heterogene und weit verzweigte Forschungslandschaft der KI in Deutschland im Jahr 2021 gibt das vom BMBF erstellt „AI-Poster" über AI Forschung in Deutschland (https://www.research-in-germany.org/en/spotlight/ai-research-and-funding-in-germany.html; [25.10.2021]).

Stellungnahme im Jahr 2020 vorgelegt.[9] 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 tatsächlich in Zukunft haben werden und vor allem wie diese umgesetzt werden können (Beckert 2021).

5.4 Legitimation im öffentlichen Diskurs

Nicht nur die Genese des Technologieversprechens der KI, sondern auch die verschiedensten innovationspolitischen Aktivitäten sind mit dem öffentlichen und gesellschaftspolitischen Diskurs über die generelle Bedeutung der KI für die zukünftige gesellschaftliche Entwicklung eng verknüpft. Denn im Kontext der schnellen Technologieentwicklung und der damit einhergehenden Versprechungen etabliert sich im Unterschied zu den 1980er Jahren ein Diskursraum, der verschiedenste Positionen, Meinungen und Erwartungen zu den sozialen Potenzialen und Konsequenzen der KI umfasst. Die Erwartungen bewegen sich dabei bekanntlich zwischen Faszination über die besondere Leistungsfähigkeit der KI einerseits und Skepsis, ja teilweise dystopischen Perspektiven über ihre sozialen Konsequenzen andererseits. Dieser Diskurs weist einen ausgesprochen internationalisierten Charakter auf, lässt keineswegs auf den deutschen Sprachraum einschränken und ist nur schwer überschaubar und einzugrenzen.

Folgt man indes der Meinung interviewter Expert*innen, ist das Technologieversprechen der KI nur schwer von der optimistischen Seite dieses generellen Diskurses über die Wirkmächtigkeit der KI zu trennen. Vielmehr gewinnt es gerade mit Bezug auf diesen Diskurs und den Bezug auf die in der Öffentlichkeit teilweise geradezu euphorisch gefeierten und international breit inszenierten Highlights der KI-Technologie Legitimation und Überzeugungskraft. Zu nennen sind hier etwa 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 der Quiz-Show besiegt oder der Sieg des KI-Systems Alpha Go der Firma Deep Mind im Jahr 2016, in welchem das KI-System den damals als besten angesehenen Go-Spieler der Welt schlägt. Als nicht minder öffentlichkeitswirksam und Überzeugungskraft leistend treten die immer besser funktionierenden Übersetzungsprogramme, Berichte über schon in absehbarer Zeit autonom fahrende Autos oder auch kunstproduzierende neuronale Netze hervor (Barthelmeß & Furbach 2021). Hinzu kommen laufende Festveranstaltungen, Publikationen, Seminare und Konferenzen der einflussreichen KI-Community und vor allem auch innovationspolitische Inszenierungen wie der Digitalgipfel der Bundesregierung im Jahr 2018 und das von der Regierung ausgerufenen Wissenschaftsjahr 2019 zum Thema KI, mit denen die besondere Leistungsfähigkeit digitaler Technologien und insbesondere der KI sowie ihre Bedeutung für die zukünftige gesellschaftliche Entwicklung stets erneut und öffentlichkeits- und medienwirksam hervorgehoben werden.

Dabei überrascht nicht, dass die Vielzahl KI-skeptischer und kritischer Argumente, etwa im Hinblick auf problematische soziale oder ökologische Konsequenzen wie ungelöste ethische Herausforderungen, diese Dynamik kaum bremsen. Vielmehr werden sie selbst zum Mo-

[9] https://datenethikkommission.de/; https://www.ethikrat.org/themen/aktuelle-ethikratthemen/mensch-und-maschine/ [27.07.2021].

ment der Dynamik. Denn, wie gezeigt, werden kritische Fragen zunehmend auf die Forschungsagenda gesetzt und ihre Bearbeitung institutionell in den oben erwähnten Gremien und Organisationen verankert. Damit dürften diese Fragen und die Herausforderungen bei der Entwicklung und Anwendung von KI-Systemen zumindest langfristig zunehmend Berücksichtigung finden, sodass Skepsis und Kritik entschärft werden und die öffentliche Akzeptanz der Systeme im Allgemeinen erhöht wird. Zudem: Trotz aller Skepsis und Kritik wird der KI-Diskurs nachhaltig von der Mainstreamposition geprägt, dass es allein schon aus ökonomischen Gründen ein massives Interesse an der KI-Entwicklung geben müsse. Denn KI ist „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: 15f.).

6. Divergierende Perspektiven

6.1 Ein „Goldenes Zeitalter“ der KI?

Resümiert man den aktuellen Stand des KI-Diskurses, so ist unübersehbar: Die Erwartungen einer weiterhin andauernden KI-Dynamik sind ungebrochen. Geradezu euphorisch sprechen beispielsweise Repräsentant*innen der von der Bundesregierung etablierten Plattform Lernende Systeme von einem weiterhin „goldenen Zeitalter“ der KI. Die Begründung für diese Erwartung wird in einer weiterhin schnellen technologischen Entwicklung gesehen, insbesondere in algorithmischen Fortschritten beim Maschinellen Lernen und beim Tiefen Lernen, in Verbindung mit der Verfügbarkeit massiver 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“ (Kersting/Tresp 2019: 3). 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 an KI geforscht, sondern sie komme bereits im Alltag zum Einsatz.

6.2 Ein neuer AI-Winter?

Freilich, andere Expert*innen rechnen mit einem erneuten Scheitern der hochfliegenden KI-Versprechen. So berichtet auch die Enquetekommission über Künstliche Intelligenz, dass sich bei ihren Befragungen eine Reihe von Expert*innen sehr skeptisch zur Zukunft der KI geäußert hätte. Befürchtet werde zum einen, dass es sich bei der gegenwärtigen Situation um einen neuen Hype-Zyklus handeln könne, wie er bei KI schon mehrmals aufgetreten sei. Zum anderen wird davor gewarnt, dass KI, wie Digitalisierung generell, nicht zu einem volkswirtschaftlichen Produktivitätswachstum führen werde, sondern lediglich zu einer Neuverteilung von Gewinnen und Marktanteilen (Enquetekommission 2020: 200). Verschiedentlich wird von Skeptiker*innen 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

Mit 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 lediglich erst am Anfang (Ecker et al. 2021). Darüber hinaus wird auf grundlegende Funktionsprobleme von Systemen des maschinellen Lernens verwiesen, die einer schnellen Diffusion und breiten Anwendung entgegenstehen (z.B. Brödner 2019):

- Zum einen betrifft dies die mangelnde Fähigkeit der Systeme zur Bewältigung von „offenen Welten“, d.h. 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: 86).

- Zum zweiten gibt es bislang keine Möglichkeit, das oft unverzichtbare 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: 10).

- Zum dritten wird damit das schon seit den 1990er Jahren diskutierte grundlegende Problem der sog. Explainable Artificial Intelligence bezeichnet. Denn je risikoreicher deren Entscheidungen für menschliches Handeln, etwa bei Diagnosen und Therapievorschlägen in der Medizin, werden, desto wichtiger wird es, zu verstehen, was die Systeme eigentlich tun. Vor allem geht es dabei die Frage der Transparenz und der Sicherheit, wie und ob das System tatsächlich die Aufgabe löst, für die es eingesetzt wird.

Diese Herausforderungen sind Gegenstand intensiver nationaler wie internationaler Forschungsaktivitäten. So stehen die Probleme der Explainability und Transparenz der System-

prozesse seit längerer Zeit schon im Fokus der FuE-Förderung und es sollen Systeme entwickelt werden, die robuster und vertrauenswürdiger als die bisherigen Systeme des Machine Learning sind (Lenzen 2018: 77f.).[10]

Indes ist offen, ob die angestrebten stabilen KI-Lösungen allein auf der Basis lernender Systeme absehbar tatsächlich realisiert werden können. Vielmehr, so kritische Auffassungen auch einiger interviewter Expert*innen, habe sich die oft vorgenommene Verkürzung durch die Gleichsetzung von KI und maschinellem Lernen „als Irrweg" erwiesen. Denn trotz riesiger Datenmengen zum Training der selbstlernenden KI-Systeme und trotz enormem Rechenaufwand seien oft keine erklärbaren und robusten Lösungen für die jeweiligen Problemstellungen gefunden worden. Daher müsse die deutsche KI-Strategie „...die zunächst etwas einseitige Überbetonung des maschinellen Lernens aus Massendaten zugunsten einer Kombination mit modernsten symbolischen Verfahren aufgeben" (Wahlster 2020). Dies impliziert auch, dass sich die KI-Entwicklung in Zukunft auf konkrete und relativ präzise definierbare Anwendungsfelder beziehen müsse. 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. Dabei werden KI-Anwendungen zunehmend mit schon vorhandenen Digitalisierungslösungen verschmelzen. Hingegen werden von den meisten, jedoch keineswegs allen Expert*innen jene Erwartungen als technologisch überzogen und unrealistisch angesehen, die unter dem Label starke KI oder auch Artificial General Intelligence (AGI) zusammengefasst werden. Diese richten sich darauf, eine generelle, menschenähnliche Maschinenintelligenz gepaart mit Alltagsbewusstsein und Emotionalität in absehbarer Zeit zu entwickeln, so dass eine KI entsteht, die dem Menschen ähnlich ist (Koehler 2021: 9).

Allerdings steht außer Frage, dass die KI-Entwicklung absehbar ihre Dynamik nicht verlieren wird und die Prognose eines erneuten AI-Winters aufgrund zu überzogener Versprechungen kaum eintreffen wird. Vielmehr wird das Technologieversprechen der KI auch in Zukunft fortgeschrieben und insbesondere in Hinblick auf die Lösungspotenziale der KI für gesellschaftliche Herausforderungen 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 dem Umstand der intensiven globalen Technologiekonkurrenz und den wachsenden gesellschaftlichen, insbesondere ökologischen Herausforderungen herrührt. KI und Digitalisierung im Allgemeinen bezeichnen hierfür die großen, innerhalb des politischen Systems und von allen Akteuren inzwischen vertretenen und auch in der Öffentlichkeit weithin akzeptierten Lösungsansätze und Verspre-

[10] Hierzu auch das seit 2018 laufende KI-Programm „AI Next" der militärischen Forschungsagentur DARPA in den USA, das sich auf die Steigerung der Adaptionsfähigkeit von KI-Systemen in unbekannten Situationen richtet. Die DARPA zielt damit auf eine „Third Wave" der KI-Entwicklung (https://www.darpa.mil/work-with-us/ai-next-campaign [24.09.2021]).

chungen. Nicht zuletzt hat die Notwendigkeit, die drängenden Informations- und Regulationsprobleme der Covid-Krise zu bewältigen, dieser Perspektive einen nachhaltigen Schub verliehen.

7. Zur Architektur des Technologieversprechens

7.1 Generalisierende Semantik

Abschließend soll gefragt werden, welches die Gründe für die nachhaltige Überzeugungskraft des Technologieversprechens der KI sind. Ohne Frage gingen die Versprechungen mit beachtlichen Erfolgen bei der Entwicklung und auch der Anwendung der KI einher. Zugleich aber erwiesen sie sich immer wieder als zu weitreichend und völlig unrealistisch. Denn grundsätzlich ist der Ausgang von technologischen Innovationsprozessen, eben auch der KI ungewiss und es ist ex ante keineswegs ausgemacht, ob darauf bezogene Versprechungen tatsächlich realisierbar sind. Für die Adressaten, nicht nur für die Fachöffentlichkeit, sondern auch für die politische und gesellschaftliche Öffentlichkeit, muss das Technologieversprechen demgegenüber möglichst glaubhaft und nachvollziehbar sein.

Freilich ist dieses sehr voraussetzungsvoll. Das Technologieversprechen ist an eine semantische Architektur geknüpft, die überzeugend sein muss und eine breit gestreute Anschlussfähigkeit ermöglichen soll. Hinweise auf die hier wirksamen Mechanismen geben diskurstheoretische Analysen von prominenten Managementkonzepten, insbesondere auch der Vision von Industrie 4.0 (Kieser 1996; Hirsch-Kreinsen 2016; Madsen 2019). Danach lässt sich die Semantik dieser Konzepte durch Aspekte wie kommunikative Generalisierungen und Reduktion gesellschaftlicher Komplexität, De-Kontextualisierung der Argumente, unabweisbare 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 herstellen und andererseits an schon existierende Diskurse über zukünftig notwendige technologische und gesellschaftliche Entwicklungsperspektiven anschließen. Dieser Argumentationslogik folgt auch die Semantik der Technologieversprechen der verschiedenen Phasen der KI-Dynamik, die sich, wie teilweise schon angesprochen, auf die folgenden Aspekte zuspitzen lässt:

- *Unausweichlichkeit*: Betont wird, dass die breite Nutzung der KI auf Grund ihrer schnellen Entwicklung und ihrer hohen Bedeutung für eine erfolgreiche Digitalisierung generell einen geradezu unabweisbaren Charakter hat.

- *Hohes Wachstum:* Es werden Prognosen vorgelegt, dass KI nicht nur die Voraussetzung für ein beträchtliches und nachhaltiges Wachstum, sondern auch für einen Erfolg im globalen Technologiewettlauf ist. Die Botschaft ist eindeutig: Wer mitmacht, wird nahezu zwangsläufig Erfolg haben und große Gewinne einfahren können (Kieser 1996).

- *Generalisierung von Einzelfällen:* Die weit reichenden ökonomischen Erwartungen und die Botschaft an Unternehmen, die neue Technologie möglichst schnell und um-

fassend einzuführen, werden durch den ständigen und intensiven Verweis auf in einzelnen Unternehmen erfolgreich angewendete KI-Technologien unterstrichen. Sie sollen als Orientierungsgröße für bislang zaudernde Unternehmen gelten.[11]

- *Eingängige und empiriefreie Vision:* Ähnlich wie viele Managementkonzepte zeichnet sich das Technologieversprechen durch eine „raffinierte Mischung von Einfachheit und Mehrdeutigkeit" (Kieser 1996: 24) aus und 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 wird auch die Bewältigung gesellschaftlicher und ökologischer Herausforderungen erwartet. Mehr noch, mit dem Verweis auf technologisch lösbare gesellschaftliche Herausforderungen wird zugleich an allgemeinpolitische Debatten über unverzichtbare und drängende gesellschaftliche Reformnotwendigkeiten angeknüpft und es 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 und vor allem auch Potenziale für einen wünschenswerten gesellschaftlichen Wandel mit sich bringt, wirkt allerdings nur dann wirklich überzeugend, wenn das Timing stimmt. Anders formuliert: Es muss den „Nerv der Zeit" (Kieser 1996: 26) treffen. Ohne Frage trifft dies für das Thema KI zu, denn es spricht den vorherrschenden Zeitgeist über die unvermeidbare Modernisierung der Gesellschaft durch neue Technologien, insbesondere durch Digitalisierung, an. Zudem konvergiert das Thema 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. Vielmehr sei KI, so der frühere DFKI-Präsident Wahlster, die Voraussetzung „für die Veredelung unserer in Deutschland produzierten Produkte" (FAZ 2018).

7.2 Technikutopie KI

Die der KI zugeschriebene außergewöhnliche Leistungsfähigkeit und ihre gesellschaftlichen Effekte entziehen sich letztlich jeglicher Überprüfung, sodass sich die damit verbundenen Aussagen nicht validieren lassen. Insofern gewinnt das Technologieversprechen der KI den Charakter einer nicht hinterfragbaren Technikutopie. Stets werden daher erneut geradezu rituelle Inszenierungen des Versprechens – die beschriebenen Highlights der KI oder auch die innovationspolitischen Aufführungen wie die Digitalgipfel der Bundesregierung –, mit denen dem Technologieversprechen neue Überzeugungskraft und vor allem auch erweiterte Erwartungshorizonte verliehen werden. Wie angesprochen, figuriert KI als das zentrale

[11] Hierzu etwa die sog. KI-Landkarte der Plattform Lernende Systeme, mit der erfolgreiche Einzelfälle beispielhaft präsentiert werden.

technologische Mittel, um die vielfältigen und drängenden gesellschaftlichen Herausforderungen zu bewältigen und eine bessere Gesellschaft zu realisieren, insofern sich mit KI quasi „paradiesische Vorstellungen“ im Sinne einer technologisch hergestellten Verbesserung der Natur- und Gesellschaftssituation verbinden. Dabei besteht das spezifisch Utopische in der grundlegenden Annahme, dass sich die Menschheit, entgegen immer wieder aufkeimender technologisch begründeter Schreckensvisionen und Katastrophenszenarien, dem technologischen Zuwachs an Verfügungsmacht über die Natur in ihrer Gesamtheit gewachsen zeigen werde (Münkler 1997: 62f.). Die Entwicklung von Wissenschaft und Technologie wird mithin als zentrales Mittel gesellschaftlicher Veränderungen zum Besseren hin begriffen.

Im Grunde geht es aber noch um mehr: Mit der KI geht für viele Protagonist*innen 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 Ursache-Wirkungs-Analysen, die konflikthaltige Interpretation widersprüchlicher wissenschaftlichen Forschungsergebnisse und der Entwurf von Handlungs- und Lösungsstrategien. Vielmehr verspricht die Technologie die autonome und smarte Lösung übermächtiger gesellschaftlicher Probleme wie etwa die drohende Klimakrise. Es handelt sich um jene Erwartung, die der Internet-Kritiker Evginy Mozorov 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: 5). Allgemein gesprochen geht es um das Versprechen, dass eine konfliktfreie Optimierung der gesellschaftlichen Produktivität möglich wird (Zuboff 2019: 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: 63).[12]

Diese Auffassung erweist sich, wie zeigt, überaus einflussreich und prägt in der gegenwärtigen „Hypephase“ der KI den politischen und öffentlichen Diskurs. Freilich 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

[12] Diese Vision konvergiert mit technokratischen Perspektiven aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, denen zufolge Techniker und Experten als gesellschaftliche Elite für eine ausreichende Wohlfahrt sorgen, die auf der Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden und neuer Technologien basiert.

trägt damit zu einer Begründung des späteren technologischen und gesellschaftlichen Fortschrittsoptimismus bei. Mehr noch: Das Technologieversprechen der KI bezieht seine Überzeugungskraft letztlich vom Mythos der intelligenten Maschine, die der menschlichen Intelligenz ebenbürtig, wenn nicht gar überlegen sei. Dieser geht in der Menschheitsgeschichte bis in die Antike zurück und hat seit jeher die Visionen von Philosoph*innen, Schriftsteller*innen, Filmemacher*innen und vieler anderer Künstler*innen stimuliert. Offensichtlich ist daher, dass dieser Mythos durch Kritik, Skepsis oder Furcht vor unkontrollierbaren Maschinen bislang keinen dauerhaften Schaden genommen hat. Ohne dieses Argument an dieser Stelle ausführen zu können, beruht diese Faszination zu einem gewichtigen Teil 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 Protagonist*innen 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.

Literatur

Ahrweiler, Petra (1995a): Künstliche Intelligenz-Forschung in Deutschland. Die Etablierung eines Hochtechnologie-Fachs. Münster/New York: Waxmann.

Ahrweiler, Petra (1995b): KI West und KI Ost: Die Institutionalisierung eines Hochtechnologie-Fachs in Deutschland. In: Rammert, Werner (Hrsg.): Soziologie und künstliche Intelligenz. Produkte und Probleme einer Hochtechnologie. Frankfurt/New York: Campus Verlag, 111–131.

Barth, Gerhard/, Christaller, Thomas/, Cremers, Armin B./ Neumann, Bernd/, Radermacher, Franz Josef/ Radig, B./ Richter, Michael/, Siekmann, Jörg H./, von Seelen, Werner (1991): Künstliche Intelligenz: Perspektive einer wissenschaftlichen Disziplin und Realisierungsmöglichkeiten. In: Informatik-Spektrum, Vol. 14, No. 4, 201–206.

Barthelmeß, Ulrike & Furbach, Ulrich (2021): Computer auf dem Weg zum Bewusstsein. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, Stand: 06.07.2021. Online verfügbar unter: https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/digitec/computer-auf-dem-weg-zum-bewusstsein-17421543.html?premium [27.07.2021].

Beckert, Bernd (2021): Vertrauenswürdige künstliche Intelligenz Ausgewählte Praxisprojekte und Gründe für das Umsetzungsdefizit. In: Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis, Vol. 30, No. 3, 17–22.

Bender, Gerd (2005): Technologieentwicklung als Institutionalisierungsprozess. In: Zeitschrift für Soziologie, Vol. 3., No. 3, 170–187.

Beuschel, Werner (1988): Expertensysteme auf dem Weg in die Arbeitswelt - zur Untersuchung betrieblicher Veränderungen beim Einsatz "Künstlicher Intelligenz". WZB, Dicussion Paper FS I. Stand: Oktober 1988. Online verfügbar unter: https://bibliothek.wzb.eu/pdf/1988/i88-15.pdf [15.06.2021].

Bibel, Wolfgang (2006): The beginnings of AI in Germany. In: Künstliche Intelligenz, Vol. 20, No. 4, 48–54.

Bibel, Wolfgang (2014): Artificial Intelligence in a historical perspecitve. In: AI Communications, Vol. 27, No. 1, 87–102.

Bibel, Wolfgang & Furbach, Ulrich (2018): Formierung eines Forschungsgebiets – Künstliche Intelligenz und Intellektik an der Technischen Universität München. Deutsches Museum, Preprint 15.

Bijker, Wiebe E./ Hughes, Thomas P./ Pinch, Trevor J. (Hrsg.) (1987): The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Bitkom, DFKI (2017): Künstliche Intelligenz: Wirtschaftliche Bedeutung, gesellschaftliche Herausforderungen, menschliche Verantwortung. [Positionspapier] Stand: 05.09.2017. Online verfügbar unter:

https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Entscheidungsunterstuetzung-mit-Kuenstlicher-Intelligenz.html [25.06.2021].

Bundesminister für Forschung und Technologie (1988): Künstliche Intelligenz: Wissensverarbeitung und Musterverarbeitung, Bonn.

Borup, Mads/ Brown, Nik/ Konrad, Kornelia/ van Lente, Harro (2006): The Sociology of Expectations in Science and Technology. In: Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 18, No. 3/4, 285–298.

Brauer, Wilfried (1993): KI auf dem Weg in die Normalität. In: KI Vol. 7, No. 3, 85-91.

Brödner, Peter (2019): Grenzen und Widersprüche der Entwicklung und Anwendung Autonomer Systeme. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut & Karac□ic□, Anemari (Hrsg.): Autonome Systeme und Arbeit. Perspektiven, Herausforderungen und Grenzen der Künstlichen Intelligenz in der Arbeitswelt. Bielefeld: transcript Verlag, 69–97.

Bundesregierung (2018a): Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. Stand: 12.03.2018. Online verfügbar unter: https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/koalitionsvertrag-zwischen-cdu-csu-und-spd-195906 [30.09.2020].

Bundesregierung (2018b): Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Stand: 16.11.2018. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/strategie-kuenstliche-intelligenz-der-bundesregierung.html [01.07.2021].

Cath, Corinne/ Wachter, Sadra/ Mittelstadt, Brent/ Taddeo, Mariarosaria & Floridi, Luciano (2017): Artificial Intelligence and the 'Good Society': the US, EU and UK approach. In: Sci Eng Ethics, Vol. 24, No. 2, 505–528.

Ecker, Wolfgang/ Coulon, Carl-Helmut & Kohler, Markus (2021): KI in die Anwendung bringen – Eine Gemeinschaftsaufgabe für Hochschulen, Forschungseinrichtungen Unternehmen und Politik. [Whitepaper] Plattform Lernende Systeme, München.

Dostal, Werner (1993): Expertensysteme und Beschäftigung – Gibt es derzeit erkennbare Auswirkungen von Systemen Künstlicher Intelligenz auf Beschäftigung und Berufe? In: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Vol. 26, No. 1, 63–76.

EFI (Expertenkommission Forschung und Innovation) (2018): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands. Berlin: EFI.

Enquetekommission (2020): Bericht der Enquete-Kommission Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökologische Potenziale. Bundestagsdrucksache 19/23700. Vorabfassung, Berlin.

Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum (2017): Autonome Systeme – Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. [Abschlussbericht] Berlin.

Frankfurter Allgemeine Zeitung (2018): „Wir veredeln mit KI unsere Exporte". Im Gespräch: Wolfgang Wahlster. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 25. April 2018, No. 96, 16.

Forschungsunion/acatech (Hrsg.) (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. [Abschlussbericht] Arbeitskreis Industrie 4.0, Frankfurt am Main.

Görz, Günther/ Braun, Tanya & Schmid, Ute (2021): Einleitung. In: Görz, Günther/ Braun, Tanya & Schmid, Ute (Hrsg.): Handbuch der Künstlichen Intelligenz. 6. Aufl. München: deGruyter Oldenbourg, 1–26.

Groth, Olaf J. & Straube, Tobias (2018): Bewertung der deutschen KI-Strategie. Konrad-Adenauer-Stiftung, Teil 3. Online verfügbar unter: https://www.kas.de/documents/252038/4521287/Bewertung+der+deutschen+KI-Strategie+Teil+3.pdf/aa0ecb4e-3a71-de71-63ba-fb08bf72dd57?version=1.1&t=1559810781469 [13.05.2021].

Heimbrecht, Felix (2021): KI: Der nächste Winter kommt bestimmt. Online verfügbar unter: https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/technologie/ki-der-naechste-winter-kommt-bestimmt/ [03.10.2021].

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2016): “Industry 4.0" as Promising Technology: Emergence, Semantics and Ambivalent Character. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 48/2016, TU Dortmund.

Institut für Innovation und Technik (2018): Potenziale der Künstlichen Intelligenz im Produzierenden Gewerbe in Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm PAiCE – Platforms | Additive Manufacturing | Imaging | Communication | Engineering. Institut für Innovation und Technik in der VDI / VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin.

Jeffcote, Rod (2003): Technology@Utopia. In: Journal for Interdisciplinary and Cross-Cultural Studies, Vol. 3, No. 1, 1–16.

Kersting, Kristian & Tresp, Volker (2019): Maschinelles und Tiefes Lernen. [Whitepaper] Plattform Lernende Systeme, München.

Kieser, Alfred (1996): Moden & Mythen des Organisierens. In: Die Betriebswirtschaft, Vol. 56, No. 1, 21–39.

Koehler, Jana (2021): Zum Begriff der Künstlichen Intelligenz. In: Catani, Stephanie & Pfeiffer, Jasmin (Hrsg.): Handbuch Künstliche Intelligenz und die Künste. Preprint Version, Berlin. Online verfügbar unter: https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/import/11269_KI-Kunst-JKoehler-PreprintVersion.pdf [23.01.2022].

Konrad, Erhard (1998): Zur Geschichte der Künstlichen Intelligenz in der Bundesrepublik Deutschland. In: Siefkes, Dirk/ Eulenhöfer, Peter/ Stach, Heike & Städtler, Klaus (Hrsg.): Sozialgeschichte der Informatik. Studien zur Wissenschafts- und Technikforschung. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 287–296.

Konrad, Kornelia (2006): The Social Dynamics of Expectations: The Interaction of Collective and Actor-Specific Expectations on Electronic Commerce and Television. In: Technology and Strategic Management, Vol. 18, No. 3/4, 429–444.

Lenzen, Manuela (2018): Künstliche Intelligenz. Was sie kann und was uns erwartet. München: C.H. Beck.

Madsen, Dag Øivind (2019): The Emergence and Rise of Industry 4.0 Viewed through the Lens of Management Fashion Theory. In: Administrative Sciences, Vol. 9, No. 3, 71.

Marquis, Pierre/ Papini, Odile & Prade, Henri (2020): Elements for a History of Artificial Intelligence. In: Marquis, Pierre/ Papini, Odile & Prade, Henri (Hrsg.): A Guided Tour of Artificial Intelligence Research. Knowledge Representation, Reasoning and Learning. Cham: Springer Nature, 1–44.

McRobbie, Michael A. & Siekmann, Jörg H. (1988): Artificial intelligence: Perspectives and predictions. In: AI Communications, Vol. 1, No. 4, 16–29.

Morozov, Evgeny (2013): To Save Everything, Click Here – Technology, Solutionism and the Urge to Fix Problems that Don't Exist. United Kingdom: Penguin Ltd.

Münkler, Herfried (1997): Moral und Maschine – Star Trek im Spannungsfeld von Sozialutopie und technologischem Fortschritt. In: Hellmann, Kai-Uwe & Klein, Arne (Hrsg.): „Unendliche Weiten…" – Star Trek zwischen Unterhaltung und Utopie. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch, 59–71.

Nilsson, Nils J. (2010): The Quest for Artificial Intelligence. Cambridge: UP.

Peteranderl, Sonja (2021): Wie künstliche Intelligenz die Klimakrise bekämpfen kann. In: Der Spiegel, Stand: 15.08.2021. Online verfügbar unter: 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 [17.08.2021].

Reuse, Bernd (2008a): Schwerpunkte der Informatikforschung in Deutschland in den 90er Jahren. In: Reuse, Bernd & Vollmar, Roland (Hrsg.): Informatikforschung in Deutschland. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag, 61–100.

Reuse, Bernd (2008b): Schwerpunkte der Informatikforschung in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2006. In: Reuse, Bernd; Vollmar, Roland (Hrsg.): Informatikforschung in Deutschland. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag, 101–130.

Rip, Arie (2018): Technology as Prospective Ontology. In: Rip, Arie (Hrsg.): Futures of Science and Technology in Society. Wiesbaden: Springer VS, 135–155.

Seising, Rudolf & Dittmann, Frank (2018): Eine historisch-kritische Einführung. In: Bibel, Wolfgang & Furbach, Ulrich (Hrsg.): Formierung eines Forschungsgebiets – Künstliche Intelligenz und Intellektik an der Technischen Universität München. Preprint 15, Deutsches Museum, München.

Siekmann, Jörg (2009): Die Entwicklung der Disziplin in Deutschland. In: Künstliche Intelligenz, Vol. 23, No. 1, 47–52.

Sträter, Winfried (1993): Die fetten Jahre sind vorbei. In: TAZ, 19. November 1993, Ausgabe 4167, 23.

Struss, Peter (2008): Wissensbasierte Systeme: Verbundprojekt INDIA. In: Reuse, Bernd & Vollmar, Roland (Hrsg.): Informatikforschung in Deutschland. Berlin/Heidelberg: Springer, 167–178.

Teich, Irene B. (2020): Meilensteine der Entwicklung Künstlicher Intelligenz. In: Informatik Spektrum, Vol. 43, No. 4, 276–284.

Van Lente, H.; Rip, A. (1998): Expectations in Technological Developments: An Example of Prospective Structures to be filled in by Agency. In: Cornelis D. C.; van der Meulen; B: (Hrsg.): Getting New Technologies Together: Studies in Making Sociotechnical Order. Berlin/New York: deGruyter, 203–229.

Wahlster, Wolfgang (2016): Von Industrie 4.0 über die Smart Service Welt zu Autonomen Systemen. Technische Plattformen für die drei Zukunftsprojekte zur Digitalisierung. [Vortagsfolien] Klausursitzung des Wissenschaftlichen Beirats Industrie 4.0, Phase II, 24. Mai 2016, Frankfurt am Main.

Wahlster, Wolfgang (2020): Deep Learning alleine reicht nicht. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, Stand: 07.09.2020. Online verfügbar unter: https://www.faz.net/-ikh-a3574 [18.09.2021].

Whitley, Richard (2000): The Intellectual and Social Organization of the Sciences. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press.

Wikipedia (2022): History of artificial intelligence. Stand: 19.01.2022. Online verfügbar unter: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_artificial_intelligence [20.01.2022].

Zhang, Daniel/ Mishra, Saurabh/ Brynjolfsson, Erik/ Etchemendy, John/ Ganguli, Deep/

Grosz, Barbara/ Lyons, Terah/ Manyika, James/ Niebles, Juan Carlos/ Sellitto, Michael/ Shoham, Yoav/ Clark, Jack & Perrault, Raymond (2021): The AI Index 2021 Annual Report. AI Index Steering Committee, Human-Centered AI Institute. California: Stanford University.

Zuboff, Shoshana (2019): The Age of Surveillance Capitalism. The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power. New York: Public Affairs.

Band 209

Beiträge aus der Forschung

sfs