

Der Technologiewettlauf um Künstliche Intelligenz und seine Pathologien

Künstliche Intelligenz (KI) hat sich zu einer Schlüsseltechnologie entwickelt, deren Nutzung sich rapide verbreitet. Sie ist Gegenstand eines Technologiewettlaufs zwischen Tech-Unternehmen, insbesondere um die Entwicklung der leistungsstärksten großen Sprachmodelle (*Large Language Models*) und darauf basierender Anwendungen. Aufgrund ihrer großen geoökonomischen und geopolitischen Relevanz spitzt sich zudem der Wettlauf zwischen nationalen Innovationssystemen im Bereich der KI weiter zu. Gemeinwohlorientierte Zielsetzungen in Bezug auf die Entwicklung und Nutzung von KI kommen dabei zunehmend unter die Räder.

FLORIAN BUTOLLO

1 Einleitung

Was ist nur aus der vierten industriellen Revolution geworden? Mit großem medialem Aufwand wurde dieser Begriff vor rund zehn Jahren popularisiert, als Chiffre für industrielle Umbrüche durch den Einsatz eines Bündels neuer Basistechnologien rund um Künstliche Intelligenz und das Internet der Dinge. Seitdem ist es relativ still geworden um „Industrie 4.0“, zum einen weil der Begriff schlicht verdrängt wurde von der Aufregung um KI im Allgemeinen und generative KI im Besonderen; zum anderen verlaufen zumindest die fertigungsseitigen Aspekte der digitalen Transformation wesentlich widersprüchlicher, als es die Metapher der „industriellen Revolution“ suggeriert: Bei der Umsetzung mangelt es an Verfahren und Infrastrukturen zum Austausch und zur Standardisierung von Daten, und sie ist eher als ein langfristiger Suchprozess denn als plötzlicher Aufbruch zu verstehen (Butollo/de Paiva Lareiro 2020; Hirsch-Kreinsen 2018). Entsprechend mau sind die Erträge: In der Fläche bleiben Produktivitätsgewinne weitgehend aus, und von den 2014 in Aussicht gestellten zusätzlichen Wachstumssteigerungen von 1,7 % pro Jahr in sechs Kernsektoren der deutschen Wirtschaft (Bauer et al. 2014) ist man meilenweit entfernt geblieben.

Nun liegt diese Diskrepanz nicht daran, dass in den transnationalen Wertschöpfungssystemen alles beim Alten geblieben wäre. Datenbasierte Geschäftsmodelle befeuerten in den letzten Dekaden den Aufstieg großer Tech-Unternehmen und weitverzweigter Datenwertschöpfungsketten als Hotspot ökonomischer Aktivität. Die doppelte Transformation in der Automobilindustrie – die Kombination aus neuen Antriebstechnologien und der Digitalisierung des Produkts – zeigt zudem, dass diese Entwicklungen nicht auf die digitale Ökonomie im engeren Sinne beschränkt bleiben, sondern auch traditionelle Industriesektoren betreffen – mit weitreichenden Folgen für die Beschäftigten. Und auch die Veröffentlichung von ChatGPT als „iPhone-Moment“ der Künstlichen Intelligenz, das heißt als Umschlagpunkt für ihren breitflächigen und niedrigschwelligen Einsatz, verändert viele Bereiche der Wissensarbeit deutlich. Diese Formen der digitalen Transformation sind im Gange, wenngleich sie oft nicht dem Branding der „Industrie 4.0“ entsprechen. Zudem stehen derzeit eher umkämpfte Umbrüche in verschiedenen Wirtschaftssektoren im Vordergrund als ein genereller Wachstumsschub oder gar die Entstofflichung der Wertschöpfung im Sinne einer Dekarbonisierung.

Hinter der Serie von Hypes, die Diskussionen um die Digitalisierung zweifelsohne begleiten, liegen also durchaus epochale Veränderungen. Dieser Beitrag umreißt die geoökonomische und geopolitische Bedeutung von KI

und die Konturen des Technologiewettlaufs zwischen nationalen Innovationssystemen. Dazu wird zunächst auf die Besonderheit datenbasierter Wertschöpfung in der digitalen Ökonomie eingegangen, um die strategische Bedeutung von großen Sprachmodellen (*Large Language Models*, LLM) zu verdeutlichen, mithilfe derer diese Daten nutzbar gemacht werden können. Einer Analyse der Konturen des Technologiewettlaufs um LLM zwischen den Tech-Konzernen und den führenden Regionen der KI-Entwicklung, primär den USA und China, folgt die Diskussion dreier Pathologien dieses Wettlaufs: der ungleichen Verteilung der Wertschöpfungserträge zwischen Regionen, der weiteren Macht- und Kapitalkonzentration bei Big Tech und der Tatsache, dass die Formen und Ziele der KI-Implementierung nicht von gemeinwohlorientierten Zielsetzungen angetrieben sind, sondern von hohen Gewinnerwartungen der führenden wirtschaftlichen Akteure.

2 Die ökonomische Bedeutung von Daten und Plattformen im wachstumsschwachen Finanzkapitalismus

Der kometenhafte Aufstieg der Tech-Konzerne Alphabet (u. a. mit Google), Apple, Meta (u. a. mit Facebook, Instagram), Amazon und Microsoft sowie ihrer chinesischen Pendanten Baidu, Alibaba, Tencent und Huawei führte zu lebhaften sozialwissenschaftlichen Debatten um die kapitalismustheoretische Einordnung dieser Strukturveränderungen. Trotz unterschiedlicher Nuancen herrscht weitgehend Konsens über die *ökonomische Bedeutung von Daten* und den Stellenwert von *plattformbasierten Geschäftsmodellen*.

Daten kommt im doppelten Sinne eine herausragende Bedeutung zu. Zum einen sind sie eine Art Rohstoff für die Erstellung digitaler Gebrauchswerte. Vor allem die Etablierung des maschinellen Lernens hat zur Folge, dass die Qualität und die Geschwindigkeit von Softwareentwicklung wesentlich von der Aneignung und Bearbeitung von Daten abhängt. Eine breite Palette von Anwendungen wie z. B. internetbezogene Dienste, KI-Anwendungen und neuerdings generative KI sind nur denkbar, wenn die Aneignung und Verarbeitung umfangreicher Datenkorpora gelingen. Die Nutzbarmachung des Rohstoffs „Daten“ erfordert allerdings erheblichen Aufwand menschlicher Arbeit: von der Gewinnung über die Bereinigung, die Strukturierung und die Konstruktion algorithmischer Systeme bis hin zur Einpassung von Algorithmen in den gewünschten Anwendungskontext. Weitverzweigte, transnationale Datenwertschöpfungsnetzwerke verknüpfen Click-Worker*innen im Globalen Süden, Pro-

grammierer*innen in Tech-Unternehmen und vielfältige Tätigkeiten der Integration von datengenerierenden und -verarbeitenden Anwendungen in Unternehmen (Alaimo et al. 2020; Curry 2015). Das Internet und das Internet der Dinge sind nicht nur ein Kommunikationsraum, sondern auch Ort und Medium der immateriellen Produktion (Boes/Kämpf 2023).

Daten sind jedoch nicht nur Dreh- und Angelpunkt für die Produktion digitaler Gebrauchswerte, sondern auch ein Mittel zur Entwicklung der „Distributivkräfte“ (Pfeiffer 2021). Sabine Pfeiffer fasst darunter „alle mit der Mehrwertrealisierung verbundenen, technologischen und organisatorischen Maßnahmen und Aktivitäten (zur Sicherung) der Wertrealisierung“ (ebd., S. 159), konkret: Werbung und Marketing, Transport und Lagerung sowie Steuerung und Prognose. Ähnlich wie auch Mariana Mazzucato (2018), die zwischen „Takers“ und „Makers“ in der digitalen Ökonomie unterscheidet, betont Pfeiffer damit, dass die Geschäftsmodelle vieler Tech-Konzerne weniger auf die Produktion, sondern auf die zielgerichtete Distribution von Werten ausgerichtet ist (vgl. auch Staab 2016; Zuboff 2018). In umkämpften Märkten wird diese Schnittstelle tendenziell wertvoller, und Akteure, die sie besetzen, können sich als Gatekeeper der Distribution bedeutende Wertschöpfungsanteile aneignen.

Die adäquate Organisationsform für diese Art von Geschäftsmodellen ist die Plattform. Als neuer Typus von Organisation, der nur unzureichend als Spielart von Märkten oder Netzwerken beschrieben werden kann (vgl. Dolata 2024), ermöglichen Plattformen eine Verknüpfung und Interaktion multipler Akteure um einen von den Plattformeignern definierten technologischen Kern (Dolata/Schrape 2022; Gawer/Cusumano 2014). Dadurch werden Transaktionen vermittelt, aber auch Kooperationen und Innovationen moderiert, die insgesamt die Vielfalt und Reichweite des Plattformangebots erweitern (Cusumano et al. 2019). Plattformen wie der Google Play Store vereinen z. B. eine Transaktionsfunktion, über die Kunden Apps beziehen können, mit einer Innovationsfunktion, bei der App-Entwickler der Plattform über von ihr definierte Schnittstellen Funktionalitäten hinzufügen, die das Spektrum der angebotenen Dienste erhöhen. Auf diese Weise binden die Plattformen andere Akteure in ihre Innovationssysteme ein und festigen damit zugleich ihre Hegemonie als Drehkreuz der Distribution und Entwicklung.

Indem manche Plattformeigner Softwareprodukte, die auch kostenlos vervielfältigt werden könnten, über das Nadelöhr ihrer Plattform vertreiben, gelingt die Monetarisierung immaterieller Produkte (Staab 2019). Plattformen generieren Erträge, indem sie von den Anbieter*innen oder Nutzer*innen der Softwareanwendungen („Apps“) Gebühren erheben. Weit verbreitet und der eigentliche Kern des Geschäftsmodells von großen Internetplattformen wie Alphabet und Meta ist zudem die Querfinanzierung des Plattformangebots durch Werbean-

zeigen, die zielgruppengerecht geschaltet werden können (Zuboff 2018).

Die führenden Plattformen akkumulieren enorme Machtressourcen. Die Plattformen setzen selbst die Regeln für die Interaktionen der verschiedenen Akteure, können diese im Sinne der eigenen Geschäftsinteressen modellieren und Daten über die getätigten Transaktionen erheben (Staab 2019). Wenn es ihnen gelingt, zum zentralen Player in der Distribution von Software, digitalen Medieninhalten, Kommunikationsdiensten bzw. zum meist nachgefragten Drehkreuz in spezifischen E-Commerce-Segmenten zu werden, expandieren sie schnell zu Quasi-Monopolen im jeweiligen Segment. Da sie im Grunde als Vermittler von Produkten und Dienstleistungen fungieren und diese Vermittlung weitgehend automatisiert erfolgt, ist ihr Angebot sehr schnell skalierbar. Dieses Versprechen auf Expansion mobilisiert gewaltige Summen an Wagniskapital. Die Kapitalisierung der Unternehmen steht dabei oft in eklatantem Gegensatz zu den realen Erträgen der Plattformunternehmen, die zum Teil defizitär und in Hoffnung auf zukünftige Erträge wirtschaften (Staab 2018).

3 Von Daten zu Künstlicher Intelligenz

Mit den jüngsten Durchbrüchen in der Entwicklung und Anwendung von großen Sprachmodellen (LLM) sortiert sich die Technologiekonkurrenz neu. Durch die Verknüpfung von großen Datensätzen, starker Rechenleistung und maschinellem Lernen stellt Künstliche Intelligenz eine neue *General Purpose Technology* dar, d.h. ihr wird zugeschrieben, eine universelle Voraussetzung für die Wertschöpfung in verschiedenen Sektoren zu erlangen (McAfee 2024). Die Entwicklung von LLM und von auf ihnen basierenden Anwendungen spielt eine Schlüsselrolle dabei, die ökonomischen Potenziale dieses Pfades zu realisieren.

So werden LLM in bestehende Softwareanwendungen und Plattformen integriert, um eine breite Palette neuer Nutzungsmöglichkeiten zu eröffnen. Die Technologieführerschaft im Bereich der cloudbasierten Software hängt nun zunehmend davon ab, ob diese durch leistungsstarke LLM angereichert werden können. Die Technologiekonkurrenz wird dadurch auf eine neue Stufe gehoben, da sie

wesentlich von den Kapazitäten der Tech-Unternehmen abhängt, im Wettlauf um die Leistungsfähigkeit und Anwendbarkeit der LLM an eine führende Stelle zu gelangen. Dies äußert sich gegenwärtig im Wettlauf um KI-Führerschaft zwischen OpenAI (in enger Kooperation mit Microsoft), Alphabet, Amazon und neuerdings auch dem chinesischen Startup DeepSeek, das im Januar 2025 einen Überraschungscoup landete, als es das Sprachmodell R1 veröffentlichte, das zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Beitrags als mindestens so leistungsstark wie das LLM von OpenAI gilt, aber auf wesentlich weniger Rechenleistung im Training angewiesen war.

Der Wettlauf um die Technologieführerschaft in diesem Bereich zeichnet sich dadurch aus, dass die Modelle meist einfach online zur Verfügung gestellt werden, sodass zumindest die Basisversionen frei nutzbar sind. Mit der Veröffentlichung von ChatGPT schuf OpenAI Fakten und versuchte auf diese Weise frühzeitig eine große Zahl von Nutzer*innen zu gewinnen, was wiederum den Druck auf die Entwicklung von LLM seitens anderer Tech-Unternehmen erhöhte. Potenziell verändert sich durch die Nutzung von LLM auch die Kundenschnittstelle, die eine maßgebliche Quelle für die Akquisition von Nutzungsdaten und die Monetarisierungsstrategien der Tech-Unternehmen ist. Sollte es beispielsweise stimmen, dass Internetsuchen künftig zunehmend über KI-basierte Chatbots vorgenommen werden, so ist nicht nur die Position von Google in diesem Segment bedroht, sondern auch das Ertragsmodell der personalisierten Werbeeinnahmen, die über die Suchfunktion vermittelt sind. ChatGPT setzt demgegenüber bislang nicht auf ein Ertragsmodell, das auf Werbung basiert, sondern auf ein sogenanntes Freemium-Modell (ein Kofferwort aus *free* und *premium*, d.h. entgeltpflichtig), bei dem die leistungsstärkeren Funktionen nur den zahlenden Nutzer*innen offenstehen.

Zugleich etablieren sich LLM gegenwärtig als universelles Produktionsmittel in der Wissensarbeit. Ihre Nutzung verspricht einerseits die effizientere Durchführung bestehender Aufgaben, wie z. B. die Anfertigung von Übersetzungen oder Textentwürfen, andererseits aber auch eine breite Palette neuer Nutzungsmöglichkeiten, mit der menschliche Fähigkeiten erweitert werden können.¹ Es wird einfacher, das in LLM aufbereitete Wissen für konkrete Aufgaben greifbar zu machen, z. B. für die Kreierung von Designvorschlägen oder die stilistische Abänderung von Textentwürfen, die jeweils iterativ angepasst und verändert werden können. Wenn LLM auf diese Weise als Sparring-Partner genutzt werden, entstehen neue Formen

¹ In unserem Forschungsprojekt „Generative KI in der Arbeitswelt“ (GENKIA) konnten wir z. B. einen hörensweisen englischsprachigen Podcast erstellen, indem wir das deutschsprachige PDF unseres Forschungsantrags in ein KI-Tool hochgeladen haben. Hierbei handelt es sich nicht um eine Substitution von Arbeit, denn dies ist ein Arbeits-

ergebnis, das wir ohne diese Möglichkeit aufgrund des hohen Aufwands und der fehlenden Kompetenzen nicht in Angriff genommen hätten. Das Ergebnis ist hier zu hören: <https://www.weizenbaum-institut.de/projekte/generative-ki-in-der-arbeitswelt>

der Mensch-Maschine-Interaktion, eine Ko-Kreation von Inhalten mithilfe der KI, durch die das über LLM zugängliche allgemeine Wissen für konkrete Zwecke genutzt werden kann (Baird/Maruping 2021). Dies setzt wiederum neue Fähigkeiten und Fertigkeiten in der Wissensarbeit voraus, vor allem hinsichtlich der Formulierung iterativer Anfragen (dem sogenannten *Prompting*) und der Einordnung und Überprüfung der teils fehlerhaften oder inadäquaten Ergebnisse (Butollo et al. 2024). Aufgrund des niedrighschwelligigen Zugangs zu generischen KI-Chatbots wie ChatGPT diffundieren diese rapide in der Arbeitswelt. In Deutschland nutzt rund ein Viertel der Beschäftigten generative KI im Arbeitskontext (Schlude et al. 2024). Laut einer Studie von Microsoft und LinkedIn gilt dies sogar für 75 % der Wissensarbeiter*innen weltweit, worunter Beschäftigte oder Selbstständige verstanden wurden, die typischerweise an einem Schreibtisch arbeiten (Microsoft/LinkedIn 2024). Zugleich versuchen viele Unternehmen, Lösungen für spezifische Anwendungen von LLM zu entwickeln, die entweder auf eigens eingespeisten Datensätzen basieren oder spezifische Funktionen in den Abläufen der Unternehmen adressieren, was ein eher langfristiger und voraussetzungsvoller Prozess ist.

LLM werden erhebliche Produktivitätseffekte zugeschrieben (z. B. Noy/Zhang 2023). Solche meist auf experimentellen Settings basierenden Berechnungen sind mit Vorsicht zu genießen, denn sie bestehen meist aus einem direkten Vergleich bestehender Aufgaben mit der Bewerksstellung derselben Aufgaben mittels der Nutzung von KI. Damit werden nicht nur die Kosten der Technologieimplementierung und der organisationalen Adaption unterschlagen, sondern es wird auch vernachlässigt, dass sich Prozesse und Aufgaben qualitativ verändern werden. Es ist naheliegend, dass mit der Etablierung von LLM auch ein Wandel der Aufgabenzuschnitte und Arbeitsabläufe einhergeht. Es geht eben nicht darum, nur dieselben Tätigkeiten effektiver auszuführen, sondern um neue Anforderungen, die dadurch entstehen, dass KI-Tools das Spektrum der Möglichkeiten erweitern. Historisch gesehen schlagen sich neue technische Möglichkeiten eben nicht in einer schlichten Substitution von Arbeit nieder, sondern in einer stetigen Veränderung von Jobprofilen und Tätigkeitsinhalten in einer zunehmend komplexen Ökonomie (Autor 2015; Butollo 2025). Auch die Etablierung des Internets hat beispielsweise die „Produktivität“ der Informationsbeschaffung schlagartig erhöht, zugleich aber zu neuen Anforderungen bezüglich der Menge und der Aktualität der zu beschaffenden Informationen sowie zu

einer Vielzahl von neuen Anforderungen der Kommunikation und Interaktion geführt. Doch unabhängig davon, inwieweit sich die hohen Erwartungen an Produktivitätssteigerungen erfüllen oder nicht: KI-Tools werden in ähnlicher Radikalität die Wissensarbeit verändern wie zuvor die Etablierung des PCs oder die Nutzung des Internets.

Die Konkurrenz unter den Tech-Konzernen schlägt deshalb in einen Wettlauf um die Technologieführerschaft im Bereich der KI und insbesondere um die Führerschaft in der Entwicklung von LLM um (Rikap 2024; Srnicek 2023). Die Form der Distribution der erfolgreichsten Sprachmodelle entspricht dabei den Eigenheiten der digitalen Ökonomie: Sie können schnell skaliert werden, indem sie online verfügbar gemacht oder in bestehende Softwarepakete eingebunden werden. Da sie während der Nutzung nicht verbraucht werden, basieren die Einnahmen der Anbieter auf Technologierenten, d. h. die potenziellen Gewinne bemessen sich dadurch, wie groß die Abhängigkeit der Nutzer*innen vom jeweiligen Angebot ist und wie effektiv demnach der Zugang monetarisiert werden kann. Schließlich lernen die Sprachmodelle auch aus der Interaktion mit einer großen Zahl von Nutzer*innen hinzu, was eine Voraussetzung für ihre adäquate Weiterentwicklung ist.

Dies ist nicht nur eine Frage der Verfügbarkeit von Daten, sondern hängt wesentlich von der Rechenleistung ab, mit der LLM trainiert werden. Das Training von GPT-4 basierte im Vergleich zum Vorläufermodell GPT-3 beispielsweise auf der rund zehnfachen Menge an Trainingsdaten und erforderte den 50-fachen Energieeinsatz (Cohen 2024). Der CEO von OpenAI, Sam Altman, schätzte die Kosten des Trainings von GPT-4 auf 100 Mio. \$ (Knight 2023). Umso mehr „materialisieren“ sich die großen Tech-Konzerne. Der Wettlauf um KI ist ein kapitalintensives Unterfangen, bei dem es maßgeblich um die Verfügbarkeit von energieintensiven Rechenzentren und Supercomputern sowie um die Entwicklung von leistungsstarken Chips geht (Srnicek 2023).² Hohe Erwartungen an zukünftige Erträge sowie das Bestreben, im Wettlauf um skalierbare LLM an führender Stelle zu stehen, sind gegenwärtig ausschlaggebend für die hohen Investitionen der Tech-Unternehmen (und anderer Akteure) im Feld der generativen KI. Selbst wenn man davon ausgehen kann, dass die darauf basierenden Anwendungen sukzessive etabliert und monetarisiert werden können, sind die Investitionen in KI mit erheblichen Risiken behaftet. Wenn die teils messianischen Erwartungen an Produktivitäts- und Wachstumseffekte sich nicht ein-

2 Mit der Veröffentlichung des Modells R1 von DeepSeek wurde teilweise infrage gestellt, ob Rechenleistung auch in Zukunft eine derartige Bedeutung haben werde, da das Modell mit geringerer Rechenleistung trainiert werden konnte. Auch wenn dieses Beispiel zeigt, dass der Wettlauf nicht nur eine Frage von „Brute Force“ durch größere

Datenmengen und höhere Rechenleistung ist, wie es im Jargon der Tech-Branche heißt, schießen die Investitionen in Rechenzentren derzeit in ungeahnte Höhen. Auch DeepSeek benötigte für das Training der veröffentlichten Modelle trotz Effizienzgewinnen eine große Menge hocheffizienter Grafikchips.

stellen, könnte dies zu erheblicher Volatilität in der Tech-Branche führen.

4 Geopolitische Dimensionen des Wettlaufs um KI

Der Wettlauf um Technologieführerschaft im Bereich der KI ist ein Wettlauf zwischen den führenden Digitalunternehmen, der ausgeprägte geoökonomische und geopolitische Implikationen hat. In ökonomischer Hinsicht geht es um die unmittelbaren Wertschöpfungserträge aus KI-Schlüsseltechnologien sowie um Informationsrenten, die über deren Nutzung als Produktionsmittel der Wissensarbeit bzw. für Innovationsprozesse angeeignet werden können. Die Wertschöpfungsketten der digitalen Ökonomie sortieren sich gegenwärtig neu, wobei die Technologieführerschaft im Bereich der KI insbesondere von der Verfügbarkeit von Daten, den Rechenkapazitäten (Cloud-Computing, Chipentwicklung, Supercomputer) sowie der Anwerbung von hochqualifizierten Wissensarbeiter*innen (*talents*) abhängt (Cohen/Lee 2023; Srnicek 2023). Geoökonomisch ist hierbei der Wettlauf zwischen den USA und China zentral, wo Technologieführerschaft im Bereich der KI bis zum Jahre 2030 als ein zentrales strategisches Ziel definiert wurde.

Ökonomisch und politisch relevant sind die potenziellen Abhängigkeiten, die sich aus der Schlüsselstellung von KI ergeben könnten. Die bestehenden Abhängigkeiten im regulären Cloud-Computing könnten dadurch potenziert werden. Schon heute dominieren Amazon Web Services (AWS) und Microsoft Azure das Geschäft mit den Cloud-Infrastrukturen und damit verknüpften Cloud-Services der Datenbearbeitung und verdienen somit an den Produktivitätsgewinnen ihrer Nutzer mit. Die Cloud-Anbieter stellen zudem Innovationsumgebungen für die Entwicklung spezifischer KI-Anwendungen zur Verfügung, wodurch Potenziale für Entwickler*innen in verschiedenen Anwendungsfeldern, aber auch neue Abhängigkeiten entstehen (van der Vlist et al. 2024). Je mehr KI-Anwendungen zu einer Voraussetzung für die Wertschöpfung in verschiedenen Branchen werden, desto mehr verdienen die großen Cloud-Anbieter, die die KI-Entwicklung längst dominieren, an deren Erträgen mit.

Aus der ökonomischen Abhängigkeit von den Schlüsselressourcen der KI entstehen auch politische Abhängigkeiten. Hierbei geht es maßgeblich um die Kontrolle zen-

traler digitaler Infrastrukturen. In einer geopolitisch zunehmend zerklüfteten Welt wird es als Risiko angesehen, dass Daten der öffentlichen Hand und aus Unternehmen primär auf Servern privater Anbieter aus dem Ausland gespeichert und bearbeitet werden (Adler-Nissen/Eggeling 2024). Zwar sichern Unternehmen wie AWS mittlerweile zu, dass Daten von europäischen Unternehmen auf Servern in Europa gespeichert und bearbeitet werden, doch spezifizierte die erste Trump-Regierung 2018 mit dem Cloud Patriot Act, dass amerikanische Unternehmen auf Anforderung der Regierung auch Daten verfügbar machen müssen, die auf Servern amerikanischer Firmen im Ausland gespeichert werden. Die jüngsten Anschläge auf Tiefseekabel in der Ostsee haben zusätzlich für die Verwundbarkeit und die infrastrukturelle Abhängigkeit der digitalisierten Ökonomien sensibilisiert. Von unmittelbar geopolitischer Relevanz ist zudem die Bedeutung der KI für militärische Zwecke, von der Datenanalytik bis hin zu autonomen Waffensystemen (Raska/Bitzinger 2023).

Aufgrund dieser Verknüpfung von geoökonomischen und geopolitischen Machtpotenzialen haben alle führenden Wirtschaftsräume explizite KI-Strategien veröffentlicht, in denen politische Maßnahmen zur Förderung der KI-Entwicklung spezifiziert werden. Ein Schlüsselthema darin ist jeweils die Verknüpfung von Grundlagenforschung und kommerzieller Anwendung der Technik, wobei die öffentliche Technologieförderung mit dem Problem konfrontiert ist, dass die Forschungsaktivitäten im Bereich der KI von den großen Tech-Unternehmen dominiert werden (van der Vlist et al. 2024). Aufgrund der geoökonomischen und -politischen Relevanz der KI spitzt sich die Konkurrenz nationaler (oder regionaler) Innovationssysteme zu, in denen Tech-Unternehmen eine Schlüsselrolle einnehmen. Hierbei ist eine zunehmende Verschiebung vom Techno-Globalismus hin zu einem Techno-Nationalismus festzustellen, bei der die Zielsetzungen und die Formen der Technikentwicklung von der geopolitischen Konkurrenz geprägt werden (Rikap/Lundvall 2021).

Der Kampf um Technologieführerschaft wird hierbei mit industrie- und handelspolitischen Mitteln ausgetragen. Industriepolitisch stehen vor allem die Förderung der Ansiedlung von Chipherstellern sowie Maßnahmen zum Aufbau eines KI-Innovationssystems im Vordergrund. Handelspolitisch betreiben die USA eine offensive Politik zur Eindämmung des Aufholprozesses Chinas. Vor allem der sogenannte Chip Act koppelt Subventionen der US-Regierung an die Auflage, dass Chip-Hersteller keine Kapazitäten in China aufbauen (Cohen/Lee 2023).³

3 Dies behindert den Aufbau von LLM erheblich. Der jüngste Erfolg von DeepSeek war nur deshalb möglich, weil das Unternehmen schon vor der Einführung des US-Chip Acts größere Mengen von Grafikchips aufgekauft hatte, die für

die Entwicklung von KI-Modellen unverzichtbar sind. Zugleich zwang der Chip Act DeepSeek, sparsamere Modelle zu etablieren und damit einen wegweisenden Pfad in der Entwicklung von LLM einzuschlagen.

5 Pathologien des Wettlaufs und gesellschaftliche Herausforderungen

Die Potenziale zur Konzentration ökonomischer und politischer Macht, die im Wettlauf um KI verhandelt werden, sind mit erheblichen gesellschaftlichen Herausforderungen verknüpft. Sie lassen sich unterteilen in Spannungsfelder der transnationalen Arbeitsteilung, der Machtkonzentration bei Big Tech und des Verhältnisses von ökonomischer Vormachtstellung und Gemeinwohlorientierung.

In Bezug auf die transnationale Arbeitsteilung erleben wir gegenwärtig einen Bedeutungszuwachs und eine Neusortierung der digitalen Ökonomie. Noch mehr denn bisher wird die Wertschöpfung in verschiedenen Wirtschaftszweigen von der Nutzung digitaler Infrastrukturen und von KI-Anwendungen abhängig sein. Auch wenn es sich bei der Aussage des Tech-Gurus Marc Andreessen, dass „Software die Welt auffrisst“, um eine Übertreibung handeln mag, so ist doch unzweifelhaft, dass erhebliche Anteile der globalen Wertschöpfung von den Akteuren angeeignet werden, die wesentliche Produktionsmittel der digitalen Ökonomie zur Verfügung stellen. Die Technologieführerschaft der USA, wo die führenden Tech-Unternehmen angesiedelt sind, dürfte dadurch weiter gestärkt werden. Wenngleich die KI-Entwicklung in China in den letzten Jahren erstaunliche Fortschritte gemacht hat, bleibt sie hinter den Kapazitäten der US-Anbieter zurück (Cohen/Lee 2023), daran ändert auch der Überraschungserfolg von DeepSeek wenig.

Andere Regionen können sich, selbst wenn sie im Wettlauf um die leistungsstärksten KI-Modelle außen vor bleiben, auf KI-basierte Anwendungen spezialisieren, für das sie technische Spezialisierung oder Domänenkompetenz aufweisen. Diese Bereiche bieten durchaus ökonomische Potenziale, allerdings bleiben sie von der Kooperation mit den führenden Anbietern von LLM, Datenzentren und Rechenleistung (u. a. Chips) abhängig, die an ihren Erträgen mitverdienen (van der Vlist et al. 2024). Der Großteil der Entwicklungsländer bleibt in diesem Technologiewettlauf marginalisiert. Die niedrigschwellige Nutzung mancher KI-Anwendungen mag auch dort wirtschaftliche Potenziale bieten; das kapital- und wissensintensive Geschäft der KI-Entwicklung bleibt jedoch auf die führenden ökonomischen Regionen beschränkt.

Große politische Risiken entstehen aufgrund der Tatsache, dass KI ein wichtiges Feld der geopolitischen Konkurrenz geworden ist. Der Handelskrieg zwischen den USA und China wird wesentlich über die Handelsbeschränkungen im Bereich der Hochtechnologie ausgetragen, und es ist zu erwarten, dass sich die politische Dimension des Technologiewettlaufs unter der zweiten Trump-Administration, die ja gerade durch einen Schulterschluss mit den Granden der führenden Tech-Konzerne gekennzeichnet ist, weiter zuspitzen wird – mit möglicherweise drastischen

Folgen für die Weltwirtschaft und unter Zunahme politischer und militärischer Spannungen.

Unabhängig von der geopolitischen Dimension verstärkt sich im Wettlauf um die Technologieführerschaft im Bereich der KI die gesellschaftliche Abhängigkeit von privaten Unternehmen und verlagert diese zudem in sensible Bereiche der Wissensproduktion. Die massenhafte Verbreitung von generativer KI, die faktische Fehler, Biases und Potenziale zur Desinformation beinhaltet, kann als gigantisches soziales Experiment aufgefasst werden, welches von einem privaten Akteur – OpenAI – initiiert wurde. Die führenden Anbieter von LLMs bestimmen über nichts weniger als die Verarbeitung des globalen Wissens, welches bei genauerer Betrachtung primär das Wissen der westlichen Hemisphäre repräsentiert. Hierbei werden nicht nur Werturteile und Ungleichheitsverhältnisse in den Datensätzen perpetuiert (Johnson et al. 2022), sondern die Anbieter treffen auch wesentliche Entscheidungen über die Filterung der Inhalte sowie das Design der Oberflächen, auf denen Nutzer*innen orientiert werden. Schließlich ist die weitere Entwicklung der KI – der Anteil ihrer kommerziellen Ausrichtung oder Gemeinwohlorientierung – von Auseinandersetzungen in den Führungskreisen privater Organisationen abhängig, bei denen demokratische Institutionen weder Einfluss noch Einblick haben. Die ursprüngliche Non-Profit-Orientierung von OpenAI wurde beispielsweise binnen weniger Jahre durch eine Kommerzialisierung des Angebots und eine strategische Kooperation mit Microsoft abgelöst, was mit erheblichen Machtkämpfen innerhalb des Unternehmens verbunden war (Andhov 2024). Die Ausrichtung der Technologieentwicklung sowie die Formen der Kuratierung des Weltwissens und dessen Nutzungskonditionen hängen also maßgeblich von den Entscheidungen in wenigen Tech-Unternehmen ab.

Dies verweist auf ein grundsätzliches Spannungsverhältnis zwischen Gemeinwohlorientierung und den Strategien von Staaten und privaten Tech-Unternehmen, die auf politische und ökonomische Vormachtstellung abzielen. Der globale Wettlauf um KI wächst zu einer Ressourcenschlacht aus, in der wirtschaftliche und machtpolitische Interessen dominieren. Das Tempo, mit dem neue LLM entwickelt und zugleich massentauglich gemacht werden sollen, illustriert die Eigendynamik dieser Entwicklungen, innerhalb derer die Tech-Unternehmen sowohl Treiber als auch Getriebene sind. Die Tatsache, dass die Fortentwicklung dieser Modelle im derzeitigen Paradigma primär von der Vergrößerung der Datenbasis und einer Steigerung der Rechenleistung abhängig und damit enorm energie- und ressourcenintensiv ist, verdeutlicht die Pathologien dieses Wettlaufs. Das Ziel einer sozial-ökologischen Transformation droht in dieser Materialschlacht unter die Räder zu kommen. ■

LITERATUR

- Adler-Nissen, R. / Eggeling, K. A.** (2024): The Discursive Struggle for Digital Sovereignty: Security, Economy, Rights and the Cloud Project Gaia-X, in: *Journal of Common Market Studies*, 62 (4), S. 993–1011
- Alaimo, C. / Kallinikos, J. / Aaltonen, A.** (2020): Data and Value, in: Nambisan, S. / Lyytinen, K. / Yoo, Y. (Hrsg.): *Handbook of Digital Innovation*, Cheltenham / Northampton, S. 162–178
- Andhov, A.** (2024): OpenAI's Transformation: From a Non-profit to a 100 Billion Valuation. SSRN Scholarly Paper No. 4750197, DOI: 10.2139/ssrn.4750197 (letzter Zugriff: 16.12.2024)
- Autor, D. H.** (2015): Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation, in: *Journal of Economic Perspectives* 29 (3), S. 3–30
- Baird, A. / Maruping, L.** (2021): The Next Generation of Research on IS Use: A Theoretical Framework of Delegation to and from Agentic IS Artifacts, in: *MIS Quarterly* 45 (1), S. 315–341
- Bauer, W. / Schlund, S. / Marrenbach, D. / Ganschar, O.** (2014): *Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*, Berlin/Stuttgart
- Boes, A. / Kämpf, T.** (2023): Informatisierung und Informationsraum. Eine Theorie der digitalen Transformation, in: Carstensen, T. / Schaupp, S. / Seignani, S. (Hrsg.): *Theorien des Digitalen Kapitalismus. Arbeit, Ökonomie, Politik und Kultur*, Berlin, S. 141–159
- Butollo, F.** (2025): Das knappe Gut Arbeit. Automatisierung und die Zukunft des sozialen Konflikts, in: *WestEnd. Neue Zeitschrift für Sozialforschung* 22 (1) (im Erscheinen)
- Butollo F. / Gerber, C. / Görnemann, E. / Greminger, L. / Katzinski, A. / Kulla, M. et al.** (2024): Die Symbiose von generativer KI und Arbeit: Erweiterung der Horizonte oder Erosion menschlicher Kompetenz? Weizenbaum Institut e. V.: Weizenbaum Discussion Paper #41, Berlin, DOI: 10.34669/WI.DP/41
- Butollo, F. / de Paiva Lareiro, P.** (2020): Digitale Revolution? Widersprüche der Produktivkraftentwicklung im Postwachstumskapitalismus, in: Haug, W. F. / Kämpf, T. (Hrsg.): *Online-Kapitalismus*, Berlin, S. 82–102
- Cohen, A.** (2024): AI Is Pushing the World Toward an Energy Crisis, in: *Forbes*, 23.05.2024, <https://www.forbes.com/sites/arielcohen/2024/05/23/ai-is-pushing-the-world-towards-an-energy-crisis> (letzter Zugriff: 16.12.2024)
- Cohen, J. / Lee, G.** (2023): The Generative World Order: AI, Geopolitics, and Power. *Goldman Sachs*, 14.12.2023, <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/the-generative-world-order-ai-geopolitics-and-power> (letzter Zugriff: 16.12.2024)
- Curry, E.** (2015): The Big Data Value Chain: Definitions, Concepts, and Theoretical Approaches, in: Cavanillas, J. M. / Wahlster, W. / Curry, E. (Hrsg.): *New Horizons for a Data-Driven Economy. A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe*, Cham, S. 30–36
- Cusumano, M. A. / Gawer, A. / Yoffie, D. B.** (2019): *The Business of Platforms: Strategy in the Age of Digital Competition, Innovation, and Power*, New York
- Dolata, U.** (2024): Industriepattformen als Markt-, Produktions- und Innovationsflächen. Feldvermessungen und theoretisch-konzeptionelle Überlegungen, in: *Berliner Journal für Soziologie* 34 (2), S. 171–196
- Dolata, U. / Schrape, J.-F.** (2022): Plattform-Architekturen: Strukturation und Koordination von Plattformunternehmen im Internet, in: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 74 (S1), S. 11–34
- Gawer, A. / Cusumano, M. A.** (2014): Industry Platforms and Ecosystem Innovation, in: *Journal of Product Innovation Management* 31 (3), S. 417–433
- Hirsch-Kreinsen, H.** (2018): *Arbeit 4.0: Pfadabhängigkeit statt Disruption*. TU Dortmund: Soziologisches Arbeitspapier Nr. 52/2018, Dortmund, DOI: 10.17877/DE290R-18809
- Johnson, R. L. / Pistilli, G. / Menéndez-González, N. / Duran, L. D. D. / Panai, E. / Kalpokiene, J. / Bertulfo, D. J.** (2022): The Ghost in the Machine Has an American Accent: Value Conflict in GPT-3, in: *arXiv*: 2203.07785, DOI: 10.48550/arXiv.2203.07785
- Knight, W.** (2023): OpenAI's CEO Says the Age of Giant AI Models Is Already Over, in: *Wired*, 17.04.2023, <https://www.wired.com/story/openai-ceo-sam-altman-the-age-of-giant-ai-models-is-already-over> (letzter Zugriff: 16.12.2024)
- Mazzucato, M.** (2018): *The Value of Everything: Making and Taking in the Global Economy*, London
- McAfee, A.** (2024): Generally Faster. The Economic Impact of Generative AI, https://storage.googleapis.com/gweb-uniblog-publish-prod/documents/Generally_Faster_-_The_Economic_Impact_of_Generative_AI.pdf (letzter Zugriff: 16.12.2024)
- Microsoft/LinkedIn** (2024): 2024 Work Trend Index Annual Report. AI at Work Is Here. Now Comes the Hard Part, <https://www.microsoft.com/en-us/worklab/work-trend-index/ai-at-work-is-here-now-comes-the-hard-part> (letzter Zugriff: 16.12.2024)
- Noy, S. / Zhang, W.** (2023): Experimental Evidence on the Productivity Effects of Generative Artificial Intelligence, in: *Science* 381 (6654), S. 187–192
- Pfeiffer, S.** (2021): Digitalisierung als Distributivkraft. Über das Neue am digitalen Kapitalismus, Bielefeld
- Raska, M. / Bitzinger, R. A.** (Hrsg.) (2023): *The AI Wave in Defence Innovation. Assessing Military Artificial Intelligence Strategies, Capabilities, and Trajectories*, London
- Rikap, C.** (2024): Varieties of Corporate Innovation Systems and Their Interplay with Global and National Systems: Amazon, Facebook, Google and Microsoft's Strategies to Produce and Appropriately Artificial Intelligence, in: *Review of International Political Economy* 31 (6), S. 1–29, DOI: 10.1080/09692290.2024.2365757
- Rikap, C. / Lundvall, B.-A.** (2021): The Digital Innovation Race. Conceptualizing the Emerging New World Order, Basingstoke
- Schlude, A. / Harles, D. / Stürz, R. A. / Stumpf, C.** (2024): Verbreitung generativer KI im privaten und beruflichen Alltag 2024. Bayerisches Forschungsinstitut für Digitale Transformation: bidt Analysen und Studien Nr. 14, München, DOI: 10.35067/xypq-kn72
- Srnicek, N.** (2023): Daten, Datenverarbeitung, Arbeit, in: Carstensen, T. / Schaupp, S. / Seignani, S. (Hrsg.): *Theorien des Digitalen Kapitalismus. Arbeit, Ökonomie, Politik und Kultur*, Berlin, S. 187–205
- Staab, P.** (2016): *Falsche Versprechen. Wachstum im digitalen Kapitalismus*, Hamburg
- Staab, P.** (2018): Exit-Kapitalismus revisited. Der Einfluss privaten Risikokapitals auf Unternehmensentscheidungen, Marktrisiken und Arbeitsqualität in technologieintensiven Jungunternehmen, in: *Leviathan* 46 (2), S. 212–231
- Staab, P.** (2019): *Digitaler Kapitalismus: Markt und Herrschaft in der Ökonomie der Unknappheit*, Berlin
- van der Vlist, F. / Helmond, A. / Ferrari, F.** (2024): Big AI: Cloud Infrastructure Dependence and the Industrialisation of Artificial Intelligence, in: *Big Data & Society* 11 (1), DOI: 10.1177/20539517241232630
- Zuboff, S.** (2018): *Das Zeitalter des Überwachungskapitalismus*, Frankfurt a. M. / New York

AUTOR

FLORIAN BUTOLLO, Prof. Dr., Professor für Soziologie der digitalen Transformation und Arbeit, Goethe-Universität Frankfurt a. M. Forschungsschwerpunkte: Arbeiten mit Künstlicher Intelligenz, digitale Transformation der Wertschöpfung, Wandel globaler Wertschöpfungsketten.

✉ florian.butollo@weizenbaum-institut.de