Hartmut Hirsch-Kreinsen,
Anemari Karačić (Hg.)

AUTONOME SYSTEME UND ARBEIT

Perspektiven, Herausforderungen und Grenzen der Künstlichen Intelligenz in der Arbeitswelt

[transcript]

Hartmut Hirsch-Kreinsen, Anemari Karačić (Hg.)
Autonome Systeme und Arbeit

Einzelveröffentlichungen Sozialwissenschaften

Hartmut Hirsch-Kreinsen, Anemari Karačić (Hg.)

Autonome Systeme und Arbeit

Perspektiven, Herausforderungen und Grenzen der Künstlichen Intelligenz in der Arbeitswelt

[transcript]

Dieser Band geht hervor aus der Tagung »Autonome Systeme und Arbeit – Perspektiven, Widersprüche und Konsequenzen«, die am 25. Januar 2018 in Düsseldorf durch das Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (FGW) e.V. ausgerichtet wurde. Diese Publikation wurde finanziell durch das FGW unterstützt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0 Lizenz (BY-NC-ND). Diese Lizenz erlaubt die private Nutzung, gestattet aber keine Bearbeitung und keine kommerzielle Nutzung. Weitere Informationen finden Sie unter https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de
Um Genehmigungen für Adaptionen, Übersetzungen, Derivate oder Wiederverwendung zu kommerziellen Zwecken einzuholen, wenden Sie sich bitte an rights@transcript-verlag.de
Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z.B. Schaubilder, Abbildungen, Fotos und Textauszüge erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

© 2019 transcript Verlag, Bielefeld

Umschlaggestaltung: Maria Arndt, Bielefeld
Umschlagabbildung: © phonlamaiphoto – Fotolia.com (bearbeitet)
Korrektorat: Tanja Jentsch (7Silben), Bottrop
Satz: Anemari Karačić, Düsseldorf
Druck: Majuskel Medienproduktion GmbH, Wetzlar
Print-ISBN 978-3-8376-4395-4
PDF-ISBN 978-3-8394-4395-8
https://doi.org/10.14361/9783839443958

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier mit chlorfrei gebleichtem Zellstoff.
Besuchen Sie uns im Internet: *https://www.transcript-verlag.de*
Bitte fordern Sie unser Gesamtverzeichnis und andere Broschüren an unter: *info@transcript-verlag.de*

Inhalt

Vorwort | 7

Einleitung
Hartmut Hirsch-Kreinsen und Anemari Karačić | 9

POTENZIALE UND GRENZEN DER ANWENDUNG AUTONOMER SYSTEME

Autonome Systeme
Potenziale und Herausforderungen
Thomas Kuhn und Peter Liggesmeyer | 27

Künstliche Intelligenz in Bildungs- und Arbeitsräumen
Internet der Dinge, Big Data,
Personalisierung und adaptives Lernen
Miloš Kravčík, Carsten Ullrich und Christoph Igel | 47

Grenzen und Widersprüche der Entwicklung und Anwendung ‚Autonomer Systeme'
Peter Brödner | 69

AUTONOME SYSTEME UND DER WANDEL VON ARBEIT – KONZEPTIONELLE BEITRÄGE UND EMPIRISCHE FORSCHUNGSERGEBNISSE

Autonome Systeme und Künstliche Intelligenz
Herausforderungen für die Arbeitssystemgestaltung
Detlef Gerst | 101

Assimilierende versus komplementäre Adaptivität
Grenzen (teil-)autonomer Systeme
Nobert Huchler | 139

Die Autonomie instrumentell genutzter Technik
Eine handlungstheoretische Analyse
Ingo Schulz-Schaeffer | 181

Herausforderungen der sozio-technischen Evaluation der Arbeit mit Autonomen Systemen
Thomas Herrmann und Jan Nierhoff | 207

HISTORISCHE UND GESELLSCHAFTLICHE PERSPEKTIVEN

Technik und Autonomie
Kulturhistorische Bemerkungen zu einem komplexen Verhältnis
Martina Heßler | 247

Haben autonome Maschinen Verantwortung?
Christoph Hubig | 275

Autorinnen und Autoren | 299

Vorwort

In absehbarer Zukunft werden Autonome Systeme Einzug auch in die Arbeitswelt halten. Ähnlich wie die viel diskutierten selbstfahrenden Autos basieren sie auf den Prinzipien und Methoden der Künstlichen Intelligenz. In der Arbeitswelt handelt es sich um Systeme wie autonome Roboter, adaptive Assistenzsysteme oder auch intelligente Logistiksysteme. Erste Anwendungsfälle von erfolgreich implementierten, zumindest als teilautonom anzusehenden Systemen dieser Art in Industriebetrieben sind verschiedentlich dokumentiert.

Diese Entwicklung stellt die Arbeitsforschung in konzeptioneller und empirischer Hinsicht vor große Herausforderungen. Es werden nicht nur die im Prinzip bekannten Fragen nach den technologischen Konsequenzen für Arbeitsplätze und Qualifikationen aufgeworfen, sondern ungeklärt ist auch, welche neuen Herausforderungen sich damit für Analysekonzepte und Gestaltungskriterien für Arbeit verbinden. Darüber hinaus stellen sich arbeitspolitische, gesellschaftliche und ethische Fragen nach den sozialen Konsequenzen dieser Systeme. Letztlich ist aber auch unklar, welche Entwicklungs- und Anwendungspotenziale Autonome Systeme und Künstliche Intelligenz in der Arbeitswelt tatsächlich haben und wo mögliche Grenzen und Widersprüche ihrer Nutzbarkeit liegen.

Im Rahmen des vorliegenden Bandes wird diesen Fragen aus dem Blickwinkel verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen nachfolgend genauer nachgegangen. Die Beiträge basieren in Teilen auf der im Januar 2018 in Düsseldorf durchgeführten Tagung „Autonome Syste-

me und Arbeit – Perspektiven, Widersprüche und Konsequenzen“. Organisiert wurde die Tagung vom Forschungsinstitut für Gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V. (FGW) im Rahmen des Themenbereichs Digitalisierung von Arbeit/Industrie 4.0. Das FGW hat zum Ziel, auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse öffentlich orientierte Dialoge zu gesellschaftspolitisch relevanten Herausforderungen zu initiieren. Entsprechend ist die Zielsetzung des vorliegenden Bandes, einen interdisziplinären Beitrag zum laufenden Diskurs über die wachsende Bedeutung und die Konsequenzen von Systemen der Künstlichen Intelligenz für Arbeit zu erbringen. Jenseits der vielen spekulativen Erwägungen und Diskussionen soll eine fundierte Einschätzung gewonnen werden, welche arbeits- und gesellschaftspolitischen Weichenstellungen für einen verantwortungsvollen Umgang mit den neuen Technologien geboten sind.

Gedankt sei an dieser Stelle allen Autorinnen und Autoren für die pragmatische und fruchtbare Zusammenarbeit bei der Erstellung und Bearbeitung der Beiträge; nicht zuletzt für die schnelle und vorbehaltlose Bereitschaft, das Manuskript innerhalb eines relativ knappen Zeitplans zur Publikationsreife zu bringen. Des Weiteren danken wir Tanja Jentsch für redaktionelle Arbeiten an den Beiträgen und Julia Wieczorek und Johanna Tönsing für die Betreuung des Bandes. Zudem sei auch dem transcript Verlag für sein Interesse an dieser Thematik und der vorliegenden Publikation ausdrücklich gedankt.

Düsseldorf, im Herbst 2018 Die Herausgeber

Einleitung

Hartmut Hirsch-Kreinsen und Anemari Karačić

1. TECHNOLOGIEVERSPRECHEN AUTONOME SYSTEME

Im laufenden Diskurs über die Digitalisierung und ihre Perspektiven für den gesellschaftlichen Wandel wird vielfach dezidiert die Erwartung formuliert, dass digitale Technologien in Zukunft in vielen Anwendungsfeldern als Autonome Systeme ohne menschliche Eingriffe aktionsfähig werden. Es wird davon ausgegangen, dass die schnelle technologische Entwicklung Systeme ermöglicht, die lernfähig sind und in einer im Prinzip unbekannten Situation eigenständig entscheiden sowie agieren können. Solche Systeme weisen grundsätzlich die Fähigkeit auf, komplexe Verarbeitungsketten von Daten, automatische Objektidentifikationen und Sensorfunktionen auf verschiedensten Ebenen bis hin zur Schaffung einer für die jeweilige Zielsetzung des Systems hinreichend genauen digitalen Repräsentation der Wirklichkeit realisieren und beherrschen zu können. Informationstechnologische Voraussetzung hierfür sind die massiven Leistungssteigerungen von Computerhardware und neuere Entwicklungen im Feld der Künstlichen Intelligenz (KI).

Möglich werden damit Systeme, die in der Lage sein sollen, menschenähnlich zu handeln und zu entscheiden und daher auch als ‚intelligent' oder ‚smart' charakterisiert werden. Als ihr zentrales Merkmal

gilt ihre situationsspezifische Adaptions- und Lernfähigkeit, im Englischen als *Machine Learning* oder *Deep Learning* bezeichnet. Informatiker/-innen erwarten, dass damit ein der menschlichen Lernfähigkeit entsprechendes Leistungsniveau der digitalen Maschinen erreicht wird. Insbesondere, so die Perspektive, sollen intelligente Systeme zukünftig in der Lage sein, auch implizites Wissen und menschliches Erfahrungswissen zu erfassen und zu verarbeiten. Denn bislang galten kontextabhängige und auf hohen Anteilen impliziten Wissens basierende Lernprozesse und damit verbundene Aufgaben aufgrund fehlender und nicht explizierbarer Handlungsregeln als grundsätzlich nicht überwindbare Barrieren für Automatisierung bzw. Algorithmisierung. Bezeichnet werden damit Handlungssituationen, die durch Michael Polanyis (vgl. 1966) bekannte Formel ‚We know more than we can tell' charakterisiert werden können. Konkret geht es dabei um Handlungselemente der verschiedensten Art und in den unterschiedlichsten Zusammenhängen, die durch ein hohes Maß an Flexibilität, Urteilsvermögen, sozialer Interaktion und Kommunikation sowie eben auch akkumulierter Erfahrung gekennzeichnet sind. Dieses wissenstheoretisch auch als ‚Polanyi's Paradox' bekannte Problem soll nun endlich, so die dezidierte Erwartung von einflussreichen Informatiker/-innen, durch KI-basierte Autonome Systeme überwunden, das heißt automatisiert werden (vgl. insbesondere McAfee/Brynjolfsson 2017: 66ff.).

In der wissenschaftlichen und in der öffentlichen Debatte wird das Thema der Autonomen Systeme inzwischen intensiv und facettenreich diskutiert. Getrieben wird die Diskussion insbesondere durch die Entwicklungen im Automobilbereich und das Thema des autonomen Fahrens, aber auch weitverbreitete Vorstellungen über die Aktionsfähigkeiten menschenähnlicher Roboter. Zudem rückt innovationspolitisch das Thema Autonome Systeme zunehmend in den Fokus. Denn es wird allgemein davon ausgegangen, dass sich mit der Entwicklung und Anwendung solcher Systeme in sehr vielen gesellschaftlichen Bereichen ganz erhebliche Nutzenpotenziale verbinden und damit das deutsche Innovationssystem im internationalen Wettbewerb deutlich gestärkt werden könnte. Daher sollten erhebliche Innovationsanstrengungen

eingeleitet werden, um insbesondere die schnelle Weiterentwicklung der KI als technologische Basis für Autonome Systeme zu fördern (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2018; EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2018). Die Künstliche Intelligenz wird in diesem Rahmen oftmals als ‚Schlüsseltechnologie' betrachtet, in die zahlreiche Hoffnungen und Erwartungen projiziert werden.

Im Hinblick auf die Möglichkeiten und Anwendungspotenziale Autonomer Systeme werden im Kontext der laufenden Digitalisierungsdebatte geradezu spektakuläre ökonomische Gewinne und die Lösung vielfältiger gesellschaftlicher Herausforderungen prognostiziert und postuliert. Den Schätzungen einer EU-Studie zufolge kann insgesamt mit Marktpotenzialen Autonomer Systeme von mehreren 100 Milliarden US-Dollar in den nächsten Jahren ausgegangen werden (vgl. Platforms4CPS 2017). Neben dem autonomen Fahren werden als zentrale Anwendungsbereiche die Gestaltung intelligenter Gebäude, sogenannte *Smart Homes*, die Bewältigung von Anforderungen menschenfeindlicher Umgebungen, wie sie beispielsweise beim Rückbau von Kernkraftanlagen auftreten, und insbesondere auch die industrielle Produktion und die dort anzutreffenden Arbeitsprozesse hervorgehoben (vgl. Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum 2017).

In der Industrie können Autonome Systeme beispielsweise im Rahmen von fahrerlosen Transportsystemen für die unternehmensinterne Logistik oder bei Mensch-Roboter-Kollaborationen zum Einsatz kommen. Sie sollen damit all jene aus dem Industrie-4.0-Diskurs bekannten Zielsetzungen realisieren: eine gleichzeitige Beschleunigung und Flexibilisierung der Produktion sowie ein höherer Grad an Individualisierung der Produkte. Zudem sollen Autonome Systeme Ausfallzeiten durch vorausschauende Wartung, sogenannte Predictive Maintenance reduzieren (vgl. ebd.). Schließlich wird die Steigerung der Ressourceneffizienz der industriellen Produktion durch sich selbstoptimierende Systeme erwartet, um die wachsende Ressourcenknappheit zu bewältigen. Im Hinblick auf die Entwicklung von Arbeit wird unterstrichen, dass die neuen Systeme geradezu zwangsläufig zu sicheren

Arbeitsplätzen, guter Arbeit, anspruchsvollen Jobs und einer deutlichen Verbesserung der Work-Life-Balance führen werden. Auf der Basis Autonomer Systeme, etwa dem Einsatz smarter und adaptiver Robotersysteme eröffneten sich danach zugleich Möglichkeiten, den Fachkräftemangel bewältigen und längerfristig auch die demografischen Probleme beherrschbar machen zu können. Als eine zentrale Voraussetzung hierfür werden die Möglichkeiten der intelligenten Technologien gesehen, Bildungs- und Ausbildungsprozesse zu effektivieren und vor allem durch ihre Adaption an unterschiedliche Qualifikationsniveaus diese auch zielgruppenspezifisch ausgestalten zu können (vgl. Barner et al. 2015).

Diese Erwartungen und Prognosen legen es nahe, digitale Technologien und insbesondere KI-basierte Autonome Systeme innovationstheoretisch als *Promising Technology* zu verstehen. Mit diesem Konzept wird nach den Verlaufsmustern von Technikentwicklung und nach den sozio-ökonomischen Konstitutionsbedingungen neuer Technologiefelder gefragt (vgl. Bender 2005; van Lente/Rip 1998). Anders formuliert: Auch beim Konzept der Autonomen Systeme handelt es sich um ein Technologieversprechen, das vor allem ausgeprägt technikoptimistische Züge im Hinblick auf seine sozio-ökonomischen Konsequenzen aufweist. Damit steht die laufende Digitalisierungsdebatte in der Tradition früherer technikzentrierter Diskurse, wie etwa die über die Kernenergie, die Weltraumfahrt oder die Informationsgesellschaft, die ebenfalls weitreichende positive gesellschaftliche Konsequenzen in Aussicht stellten.

2. WIDERSPRÜCHE UND BARRIEREN

Inwieweit sich diese mit Autonomen Systemen verbundenen Erwartungen und Versprechen problemlos durchsetzen, ist gleichwohl eine offene Frage. Denn aus sozialwissenschaftlicher Sicht lässt sich einwenden, dass diese technikzentrierte Perspektive mit ihrem teilweise weitreichenden Prognoseanspruch zu kurz greift. Denn sowohl die so-

zialwissenschaftliche Innovationsforschung als auch die soziologische Arbeitsforschung verfügen über einen breiten Fundus konzeptioneller und empirischer Forschungsergebnisse, die aufzeigen, dass die Entwicklung und die Diffusion neuer Technologien alles andere als bruchlos und widerspruchsfrei verlaufen und daher die sozio-ökonomischen Effekte kaum eindeutig aus den Potenzialen neuer Technologien ableitbar sind. So betont seit langem die Innovationsforschung, dass Innovationen zwar stets zielgerichtet und dynamisch verlaufen, ihr Verlauf zugleich jedoch risikoreich ist und ihre Effekte ungewiss sind. Entscheidend für die sich jeweils einspielenden Verlaufsmuster von Innovationen und die dadurch angestoßenen strukturellen Veränderungen sind danach zum einen die Erarbeitung und Variation technologisch möglicher Entwicklungspotenziale, zum anderen ihre Selektion im Lichte von Anwendungserfordernissen und Vermarktungschancen neuer Technologien.

Mit anderen Worten: Übersehen werden bei den weitreichenden technologisch begründeten Erwartungen die in der Regel die Verbreitung der neuen Technologien beeinflussenden realen ökonomischen und sozialen Bedingungen. Dieser Zusammenhang lässt sich instruktiv verdeutlichen, wenn man Joseph Schumpeters begriffliche Differenzierung von Innovationen aufgreift. Danach umfasst ein Innovationsprozess vier Stufen: Invention, Innovation, Diffusion und Implementation bzw. Imitation. Der aktuelle Digitalisierungsdiskurs fokussiert sich zumeist auf die Phasen Invention und Innovation, das heißt der Entwicklung einer Erfindung zu einem marktgängigen Produkt. Entscheidend für die Form der Nutzung neuer Technologien und den Wandel von Arbeit ist jedoch die Frage, wie der *Diffusions- und Implementationsprozess* neuer Technologien und ihre Anpassung an die je gegebenen sozialen und ökonomischen Realitäten verläuft und welche Konsequenzen sich aus diesem Prozess ergeben (vgl. zusammenfassend Rogers 2003). Es sind daher nicht ausschließlich die technologischen Potenziale und Eigenschaften einer Innovation, die bestimmte soziale und ökonomische Auswirkungen erzeugen. Vielmehr gilt:

„[…] [T]he really interesting aspect of new technologies is whether they prompt investors, companies, labor, and markets to change, or whether these factors and organizations of production resist the absorption of new technologies.“ (Erixon/Weigel 2016: 13)

Auf diese Zusammenhänge verweisen im laufenden Diskurs über Digitalisierung und insbesondere die Perspektiven der KI eine ganze Reihe kritischer und skeptischer Argumente. Im Hinblick auf die Perspektiven Autonomer Systeme in industriellen Arbeitsprozessen seien die folgenden hervorgehoben:

Erstens sind nicht alle als autonom bezeichneten Systeme tatsächlich im oben definierten Sinn intelligent und autonom. Vielmehr verweisen sowohl die einschlägige Forschung als auch die Anwendungspraxis auf sehr verschiedene Stufen der Autonomisierung von Produktionstechnik. So weisen die heutigen in den Unternehmen anzutreffenden digitalen Systeme, etwa Assistenzsysteme und vernetzte Anlagen, nur sehr begrenzte Autonomiegrade auf. Weitergehende Entwicklungsschritte in Richtung technologischer Fähigkeiten der Selbstorganisation und Selbstoptimierung seien sehr aufwändig und es wird betont, dass dafür vielfältige komplexe Herausforderungen bewältigt werden müssen (vgl. Damm/Kalmar 2017; EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2018). So heben Unternehmensvertreter/-innen vielfach hervor, dass entgegen aller Erwartungen von Entwickler/-innen, beispielsweise smarte Roboter in Montageprozessen absehbar nur begrenzt in der Lage sein werden, die zunehmende Teilevarianz, spezifische hochflexible Materialien und den sogenannten ‚Griff in die Kiste‘ zu bewältigen.

Zweitens werden die prognostizierten weitreichenden ökonomischen Effekte vor allem von Betriebspraktiker/-innen deutlich angezweifelt und es wird vielfach gefragt, welchen Nutzen neue digitale Systeme wirklich bieten. So wird auf die – in der laufenden Diskussion nicht systematisch thematisierten – hohen Investitions- und Implementationskosten der neuen Systeme und letztlich unklare Rentabilitätsaussichten hingewiesen (vgl. agiplan/Fraunhofer IML/Zenit 2015). Es ist

davon auszugehen, dass viele Unternehmen, insbesondere kleinere und mittlere Unternehmen, ein verschiedentlich negativ bewertetes Verhältnis zwischen dem hohen prognostizierten Investitionsbedarf und dem daraus resultierenden Umsatzwachstum zögern lässt. Schließlich wird in vielen Betrieben immer wieder auf die unklaren Folgeinvestitionen hingewiesen, die notwendig seien, um die Systeme wirklich zum Laufen zu bringen.

Drittens wird vielfach die Beherrschbarkeit neuer Autonomer Systeme angezweifelt. So zeigen die Arbeitswissenschaften und die arbeitspsychologische Forschung, dass mit fortschreitender Automatisierung und der damit verbundenen Steigerung der Komplexität der Systeme oftmals nur mehr eine begrenzte Beherrschbarkeit der Technologien, damit ein hohes funktionales und ökonomisches Störpotenzial und unkalkulierbare Anforderungen an das Arbeitshandeln einhergehen (vgl. zusammenfassend Grote 2018). Den Forschungsergebnissen zufolge sind effektive Arbeitseingriffe in Systemabläufe, um Störungen präventiv zu vermeiden oder zu beheben, nicht immer möglich, da Beschäftigte oftmals nicht (mehr) in der Lage sind, Autonome Systeme wirksam zu kontrollieren und damit die Verantwortung über den Systembetrieb zu übernehmen. Als zentrale Ursache hierfür gilt, dass aufgrund einer informationstechnologisch begründeten hohen funktionalen und informationellen Distanz zum Systemablauf das Personal kein hinreichend valides Wissen und keine ausreichenden Erfahrungen über relevante Systemfunktionen akkumulieren kann. Gerade auch unter den Bedingungen Autonomer Systeme gelten daher die seit langem diagnostizierten ‚Ironien der Automatisierung' (vgl. Bainbridge 1983): Demnach erzeugen hochautomatisierte Prozesse aufgrund ihres ausgeprägten Routineablaufs bei unerwartet auftretenden (in der Regel aber unvermeidbaren) Störungen nur schwer zu bewältigende Arbeitssituationen. Denn zur Störungsbewältigung seien Qualifikationen und Kompetenzen, insbesondere Erfahrungswissen erforderlich, die oftmals im informatisierten Routinebetrieb weder aufgebaut noch auf Dauer erhalten werden könnten. Hinzu kommt, dass die Entscheidungsfindung Autonomer Systeme nicht transparent und demzufolge nicht

nachvollziehbar vonstattengeht, was für den Arbeitsprozess zur Folge haben kann, dass Eingriffe in das System nur begrenzt möglich sind.

Im Hinblick auf die sozialen Effekte der neuen Systeme finden sich darüber hinaus oft negative, ja geradezu dystopische Prognosen, wie sie seit Längerem generell im Digitalisierungsdiskurs formuliert werden. Verwiesen wird auf mögliche hohe Arbeitsplatzverluste in manuellen und kognitiven Arbeitsbereichen, Gefahren der Dequalifizierung sowie ein deutlich erhöhtes Kontrollpotenzial, einer forcierten Flexibilisierung und Prekarisierung sowie wachsenden Belastungen bei der Arbeit (vgl. zusammenfassend Hirsch-Kreinsen/Ittermann/Niehaus 2018). Dabei wird vor allem auch die wachsende Autonomie der digitalen Systeme vielfach kritisch diskutiert. Die Befürchtung ist, dass intelligente Robotersysteme oder selbstfahrende Automobile in Bereiche eindringen, die bislang allein unter der Kontrolle menschlichen Handelns und menschlicher Verantwortlichkeiten standen und dabei völlig außer Kontrolle geraten. Gesehen wird die Gefahr,

> „[…] that the rich traditions of moral thought that guide human relationships have no equivalent when it comes to robot-human-interaction […]. We face a future in which robots will test the boundaries of our ethical and legal frameworks with increasing audacity.“ (Nourbakhsh 2015: 23f.)

Angesprochen werden damit verbundene rechtliche Probleme, insbesondere unklare Haftungsansprüche. Darüber hinaus aber geht es auch um bislang kaum überschaubare, geschweige denn gelöste ethische Probleme, wie die Frage nach einer moralischen Fundierung und Rechtfertigung der von Maschinen getroffenen Entscheidungen oder die Frage, wer letztlich die Verantwortung für ‚Maschinenentscheidungen‘ trägt.

3. DIE BEITRÄGE DES BANDES

Insgesamt sind jenseits aller technikoptimistischen Erwartungen und skeptischen Positionen Richtung, Intensität und Reichweite des durch Autonome Systeme induzierten sozialen und ökonomischen Wandels bislang nur schwer absehbar. Vor allem ist hervorzuheben, dass – wie im Digitalisierungsdiskurs immer wieder betont – die Formen der Nutzung der neuen Technologien und der damit einhergehende sozioökonomische Wandel als politisches und unternehmerisches Gestaltungsprojekt zu verstehen sind. Dies gilt insbesondere für industrielle Arbeitsprozesse, auf die sich besonders der Digitalisierungsdiskurs in Deutschland bezieht (vgl. Hirsch-Kreinsen/Ittermann/Niehaus 2018).

Die Beiträge des vorliegenden Sammelbandes zielen daher darauf, auf der Basis des derzeitigen Wissensstandes sowohl die Entwicklungsoptionen Autonomer Systeme als auch die damit verbundenen Konsequenzen für Arbeit auszuloten und Perspektiven zu skizzieren. Im Einzelnen umfasst der Band informatikorientierte, sozialwissenschaftliche, technikhistorische und technikphilosophische Beiträge. Entsprechend ist der Band in drei größere Abschnitte gegliedert.

Im ersten Abschnitt werden die *Potenziale und Grenzen der Anwendung Autonomer Systeme* aus informatikorientierter Perspektive beleuchtet. Der erste Beitrag von *Peter Liggesmeyer* und *Thomas Kuhn* „Autonome Systeme – Potenziale und Herausforderungen“ gibt zunächst einen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten sowie Anwendungsgebiete Autonomer Systeme. Neben wirtschaftlichen Potenzialen werden auch mögliche gesellschaftliche Potenziale des Einsatzes Autonomer Systeme beleuchtet. Um jedoch die Potenziale Autonomer Systeme besser ausschöpfen zu können, formulieren die Autoren unterschiedliche Voraussetzungen und Herausforderungen, die im Hinblick auf Interoperabilität, Normierungen von Standards, Definition von Schnittstellen, Integration von Diensten, Sicherheitsstandards etc. noch zu bewältigen sind. Hervorgehoben wird bei der Bewältigung der noch anstehenden Herausforderungen insbesondere die zentrale Rolle von digitalen Zwillingen als ‚Wegbereitern für Autonome Systeme‘, die

Simulationen im virtuellen Raum unter realen Bedingungen ermöglichen und damit die Konsequenzen unterschiedlicher Ausführungsvarianten vorhersehbar gestalten sollen.

Eine konkrete Perspektive auf die Anwendungsmöglichkeiten Autonomer Systeme verfolgt der darauffolgende Beitrag von *Miloš Kravčík*, *Carsten Ullrich* und *Christoph Igel* zum Thema „Künstliche Intelligenz in Bildungs- und Arbeitsräumen: Internet der Dinge, Big Data, Personalisierung und adaptives Lernen". Die Autoren fokussieren dabei die Möglichkeiten der Nutzung Künstlicher Intelligenz bei der Optimierung von Lernprozessen (*Smart Learning*). Sie erörtern, wie diese eingesetzt werden können, um Lernprozesse zu personalisieren, indem sich die Systeme beispielsweise an die Nutzer/-innen und ihre Bedarfe anpassen können. Am Beispiel des APPsist-Systems wird eine intelligente, adaptive Lerntechnologie vorgestellt, welche sensorgestützt angepasste Hilfestellungen im Hinblick auf Wissensvermittlung für Beschäftigte bereitstellt.[1] Die neuen Technologien sollen vor allem auch dafür genutzt werden, neue Lernformen zu ermöglichen und informelles Lernen am Arbeitsplatz zu fördern.

Demgegenüber rückt der letzte Beitrag des Abschnitts von *Peter Brödner* die „Grenzen und Widersprüche der Entwicklung und Anwendung Autonomer Systeme" ins Zentrum der Argumentation. Anhand konkreter Beispiele werden die Funktionsweisen (z.B. *Deep Learning*, künstliche neuronale Netze) intelligenter Systeme veranschaulicht und hinsichtlich der damit verbundenen Erwartungen überprüft. Im Hinblick auf den Entwicklungsprozess wird herausgearbeitet, dass nicht die Intelligenz der Systeme für deren Leistungsfähigkeit verantwortlich ist, sondern jene der Entwickler/-innen. Bezogen auf die Anwenderseite wird an der Stelle insbesondere die Problematik der Intransparenz hervorgehoben, da für die Nutzer/-innen die Prozesse der Autonomen Systeme undurchschaubar und damit unvorhersehbar sind. Plädiert wird abschließend für einen reflektierten Umgang mit den Be-

1 Vgl. https://edtec.dfki.de/projekt/appsist/ vom 28.9.2018.

grifflichkeiten und Zuschreibungen, die für sogenannte Autonome Systeme zur Verwendung kommen.

Der folgende Abschnitt thematisiert aus sozialwissenschaftlicher Perspektive den Zusammenhang zwischen *Autonomen Systemen und dem Wandel der Arbeit*. Einen allgemeinen sozial- und arbeitswissenschaftlichen Überblick bietet der erste Beitrag von *Detlef Gerst* mit dem Titel „Autonome Systeme und Künstliche Intelligenz: Herausforderungen für die Arbeitssystemgestaltung". Erörtert wird insbesondere, welche möglichen Konsequenzen der Einsatz dieser Systeme für die Arbeitswelt mit sich bringt und wirft dabei Fragen nach Kontrolle, (De-)Qualifizierung und Gestaltungsmacht auf, die durch den Einsatz intelligenter Technologien neu verhandelt werden müssen. Im Rückgriff auf das etablierte Konzept des sozio-technischen Systems wird argumentiert, dass technische Entwicklungen nur ein Element der Arbeitsgestaltung sind, welches die anderen Elemente in ihrer Gestaltbarkeit nicht vernachlässigen könne. Reflektiert werden im Anschluss an das Thema der Gestaltbarkeit auch arbeitspolitische Fragen, die sich durch den Einsatz Autonomer Systeme und intelligenter Technik stellen.

Auch der arbeitssoziologische Beitrag von *Norbert Huchler* zum Thema „Assimilierende versus komplementäre Adaptivität. Grenzen (teil-)autonomer Systeme" knüpft an das Konzept der sozio-technischen Systeme an und fokussiert dabei die Frage der Gestaltung und Einbettung (teil-)autonomer Systeme in den Arbeitsprozess. Ausgehend von der Prämisse, dass das zentrale Kriterium der 4.0-Debatte das Bestreben einer zunehmend dezentralen Steuerung und Adaptivität als Voraussetzung für Flexibilität ist, wird theoriegeleitet erörtert, wie (teil-)autonome Systeme gestaltet werden können. Aufgezeigt werden hierbei die Grenzen der Adaptivität und damit einhergehende Konsequenzen im Falle der Nicht-Beachtung dieser Grenzen. Deutlich wird, dass anstelle der gegenwärtigen Tendenz zu einer assimilierenden Adaptivität, welche den Nachteil mit sich bringt, die Stärken menschlichen (Arbeits-)Handelns und damit auch die Grenzen der digitalen Adaptivität zu übergehen, eine komplementäre Adaptivität zu entwi-

ckeln wäre, welche eine situative und flexible Koordination der Handlungsträgerschaft zwischen Mensch und technischem System ermöglicht. Letztlich ist der Beitrag auch als ein Plädoyer zu verstehen, die Position des ‚Menschen im Mittelpunkt' in der 4.0-Debatte nicht nur normativ zu postulieren, sondern auch funktional zu berücksichtigen.

Der nachfolgende konzeptionell orientierte techniksoziologische Beitrag von *Ingo Schulz-Schaeffer* mit dem Titel „Die Autonomie instrumentell genutzter Technik. Eine handlungstheoretische Analyse" untersucht am Gegenstand der Nutzung von Technik die Frage nach der Verteilung von menschlicher Kontrolle und technischer Autonomie in unterschiedlichen Handlungsdimensionen. Der Autor zeichnet nach, wie die Delegation von Handlungen an Technik sich auf Handlungsentwurf und Handlungsziele auswirken kann und nimmt hierfür drei Formen instrumenteller Nutzung von Technik in den Blick, die unterschiedlichen Autonomiegraden der Technik entsprechen. Dabei zeigt sich, dass die Steuerung bzw. Kontrolle einer Handlung durchaus von den dafür eingesetzten technischen Mitteln beeinflusst wird und im Falle des Einsatzes von technischen Mitteln mit besonderen Kompetenzen, als Beispiel für einen größeren Anteil an Autonomie der Technik, auch die Frage nach dem Einfluss der eingesetzten Mittel auf die Ziele der Handlung an Relevanz gewinnt.

Der letzte Beitrag des zweiten Teils des Bandes befasst sich aus arbeitswissenschaftlicher Perspektive mit den „Herausforderungen der sozio-technischen Evaluation der Arbeit mit Autonomen Systemen". *Thomas Herrmann* und *Jan Nierhoff* diskutieren die Frage, wie Heuristiken genutzt werden können, um den Einsatz Autonomer Systeme im Rahmen einer sozio-technischen Systemgestaltung zu optimieren. Am Gegenstand eines eigens entwickelten Heuristik-Sets wird veranschaulicht, wie dieses für den Aufbau eines ganzheitlichen Systemverständnisses genutzt werden kann. Die Autoren verdeutlichen hierbei, dass die Rolle des Menschen sich nicht zwingend durch eine höhere Autonomie des technischen Systems hin zu weniger menschlicher Autonomie bewegen muss, sondern menschliche Autonomie durchaus im Hinblick auf koordinative Aufgaben relevant bleibe. Menschliche In-

tervention könne demnach auch verstanden werden als ein Beitrag zur Weiterentwicklung und Rekonfiguration Autonomer Systeme.

Schließlich widmet sich der dritte Abschnitt den *historischen und gesellschaftlichen Perspektiven* im Umgang mit Autonomen Systemen. Ziel dieses Abschnitts ist eine Reflexion der gesellschaftlichen Implikationen der Einführung Autonomer Systeme. In ihrem technikhistorischen Beitrag „Technik und Autonomie. Kulturhistorische Bemerkungen zu einem komplexen Verhältnis" rückt *Martina Heßler* den historischen Wandel der Wahrnehmung des Verhältnisses von Autonomie und Technik ins Zentrum. Am Beispiel unterschiedlicher Debatten im 20. und 21. Jahrhundert geht die Autorin insbesondere zwei Fragen nach: Wie wandelte sich der Autonomiebegriff im Verhältnis zur Technik? Und welche Position nahm und nimmt der Mensch darin jeweils ein? Entlang dieser Analysen wird deutlich, wie unterschiedlich Autonomie jeweils verstanden wurde und wird und mit welchen verschiedenen Auffassungen für die Position des Menschen im Verhältnis zur Technik dies jeweils verbunden ist.

Abschließend erörtert der Technikphilosoph *Christoph Hubig* die Frage „Haben autonome Maschinen Verantwortung?". Autonomie suggeriere zunächst ein eigenverantwortliches Handeln, welches in der Regel mit der Verantwortungsübernahme für ein solches in Verbindung gebracht wird. Doch wie verhält es sich mit Autonomen Systemen? Was bedeutet Verantwortlichkeit in diesem Fall? Diesen Fragen geht der Beitrag nach, indem zunächst Verantwortlichkeit in ihren unterschiedlichen Dimensionen und Facetten reflektiert wird. Daraufhin werden Kriterien für Verantwortlichkeit entwickelt, die im weiteren Verlauf des Beitrags eingehender analysiert werden, und Leitdifferenzen zwischen Mensch und Maschine herausgearbeitet.

Insgesamt zeigt sich in den Beiträgen zu den Besonderheiten und sozialen Konsequenzen Autonomer Systeme, dass ein Verständnis von technischen Systemen als bloßes Handlungsobjekt zu kurz greift und daher einmal mehr die Frage nach dem absehbaren Muster verteilter Handlungsträgerschaft zwischen Maschine und Mensch relevant wird. Dabei bleibt jedoch bis heute die zentrale Frage nach der tatsächlichen

und im Arbeitsprozess nutzbaren Autonomie der Maschinen offen. Ersichtlich wird in den Beiträgen zudem, dass es insbesondere einer breiten gesellschaftlichen Debatte bedarf, wie die neue Arbeitsteilung zwischen Menschen und technischen Systemen definiert wird, das heißt welche Aufgaben und Tätigkeiten letztlich wirklich Autonomen Systemen überlassen werden sollen bzw. können und welche weiterhin von Menschen ausgeführt werden; sei es aus Gründen der Verantwortlichkeit oder bedingt durch Fragen der Kompetenz. Deutlich wird aber auch, dass derzeit weder technikoptimistische noch ausgesprochen pessimistische Erwartungen im Hinblick auf die arbeits- und gesellschaftspolitischen Konsequenzen dieser Systeme hinreichend begründbar sind. Vielmehr sind wohl auf absehbare Zeit die mit dieser Technologie verbundene Richtung, Intensität und Reichweite des sozialen und ökonomischen Wandels nur schwer absehbar.

LITERATUR

agiplan/Fraunhofer IML/Zenit (2015): Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0' im Mittelstand, Studie im Auftrag des BMWI, Mülheim a.d.R.: agiplan.

Bainbridge, Lisanne (1983): „Ironies of automation", in: Automatica 19/6, S. 775-779.

Barner, Andreas/Neugebauer, Reimund/Stratmann, Martin/Veit, Eberhard (2015): Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion, Dossier, Berlin: acatech.

Bender, Gerd (2005): „Technologieentwicklung als Institutionalisierungsprozess", in: Zeitschrift für Soziologie 34/3, S. 170-187.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Eckpunkte der Bundesregierung für eine Strategie Künstliche Intelligenz, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunktepapier-ki.pdf?__blob=publicationFile&v=4 vom 18.7.2018.

Damm, Werner/Kalmar, Ralf (2017): „Autonome Systeme", in: Informatik-Spektrum 40/5, S. 400-408.

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

Erixon, Fredrik/Weigel, Björn (2016): The Innovation Illusion, New Haven/London: Yale University Press.

Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum (2017): Autonome Systeme – Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft, Langfassung des Abschlussberichts, Berlin, http://www.hightech-forum.de/fileadmin/PDF/autonome_systeme_abschlussbericht_langversion.pdf vom 18.9.2018.

Grote, Gudela (2018): „Gestaltungsansätze für das komplementäre Zusammenwirken von Mensch und Technik in Industrie 4.0“, in: Hartmut Hirsch-Kreinsen/Peter Ittermann/Jonathan Niehaus (Hg.), Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, 2. aktualisierte und überarbeitete Aufl., Baden-Baden: Nomos, S. 215-232.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hg.) (2018): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, 2. aktualisierte und überarbeitete Aufl., Baden-Baden: Nomos.

McAfee, Andrew/Brynjolfsson, Erik (2017): Machine – Platform – Crowd: Harnessing our Digital Future, New York/London: W. W. Norton & Company.

Nourbakhsh, Illah Reza (2015): „The Coming Robot Dystopia“, in: Foreign Affairs 94/4, S. 23–28.

Platforms4CPS (2017): Market Segmentation for CPS Technology. Deliverable 1.1, Version 01.0, https://www.platforms4cps.eu/fileadmin/user_upload/D1.1_Market_segmentation_for_CPS_technology.pdf vom 18.7.2018.

Polanyi, Michael (1966): The Tacit Dimension, New York: Anchor Books.

Rogers, Everett M. (2003): Diffusion of Innovations, 5. Aufl., New York: Free Press.

van Lente, Harro/Rip, Arie (1998): „Expectations in Technological Developments: An Example of Prospective Structures to be Filled in by Agency“, in: Cornelis Disco/Barend van der Meulen (Hg.), Getting New Technologies Together. Studies in Making Socio-technical Order, Berlin: de Gruyter, S. 203-229.

Potenziale und Grenzen der Anwendung Autonomer Systeme

Autonome Systeme

Potenziale und Herausforderungen

Thomas Kuhn und Peter Liggesmeyer

AUTONOME SYSTEME – POTENZIALE UND GRENZEN

Ein System ist dann autonom, wenn es ohne menschliches Zutun und ohne eine detaillierte Programmierung für eine Situation ein vorgegebenes Ziel selbständig und an seine Situation angepasst erreichen kann. Autonome Systeme unterscheiden sich daher von heute existierenden eingebetteten Systemen durch ihre Fähigkeit, eigenständig Entscheidungen zu treffen – auch dann, wenn diese nicht detailliert programmiert wurden. Jedes Autonome System verfolgt ein oder mehrere Ziele. Diese sind in der Programmierung des Systems festgelegt. Das autonome Fahrzeug wird z.B. seine Passagier/-innen mittels einer optimalen Route zu ihrem Ziel bringen. Die Definition der optimalen Route hängt dabei von den Präferenzen der Passagier/-innen ab: es kann die schnellste Route sein, die Route, die am wenigsten Kraftstoff verbraucht, oder auch die Route mit der schönsten Aussicht. Das autonome Fahrzeug übernimmt dabei sowohl die unmittelbaren Fahrfunktionen, das heißt das Lenken, Beschleunigen und Bremsen, als auch strategische Funktionen wie die Wahl der Fahrspur, die Entscheidung für eine Route und gegebenenfalls die Auswahl einer alternativen Route

im Fall einer Verkehrsstörung. Das Potenzial des Autonomen Systems liegt in diesem Fall zunächst in der Entlastung der Passagier/-innen, die, anstatt das Fahrzeug zu fahren, anderen Tätigkeiten nachgehen können.

Die potenziellen Anwendungsgebiete von Autonomen Systemen sind jedoch viel größer. In allen Bereichen, in denen Menschen nicht oder nicht wirtschaftlich arbeiten können oder wollen, können und werden Autonome Systeme zukünftig anfallende Arbeiten übernehmen. In der Produktionstechnik wird eine autonome Fertigungsplanung selbständig entscheiden, wann und unter Nutzung welcher Maschinen ein bestimmtes Produkt am besten gefertigt werden kann. Autonom fahrende Lastwagen benötigen keine Fahrer/-innen mehr, sondern folgen einem Führungsfahrzeug auf der Autobahn. Bereits heute gibt es autonome Schienenfahrzeuge, die ohne Fahrer/-innen funktionieren und dennoch ihre Passagier/-innen sicher zum Ziel bringen. Autonome Fahrzeuge werden eigene Ziele gegenüber übergeordneten Systemzielen abwägen. Ähnlich wie menschliche Fahrer/-innen wird ein autonomes Fahrzeug entscheiden können, ob es in einer Stausituation einem Fahrzeug einer nicht vorfahrtsberechtigten Straße Vorfahrt gewährt und so das Systemziel ‚Fortkommen für alle Fahrzeuge' dem eigenen Ziel der möglichst schnellen Zielerreichung überordnet.

Trotz dieser Fähigkeit des Abwägens und des Treffens von Entscheidungen sind Autonome Systeme immer an einen Kontext gebunden. Sie treffen innerhalb dieses Kontexts Entscheidungen, die durchaus komplex sein können. Diese Entscheidungen treffen sie anhand definierter Regeln, die auf Variablen und numerischen Werten beruhen. Die Entscheidungsfindung basiert auf definierten Algorithmen, unabhängig davon, ob diese als künstliche neuronale Netze, als fest programmierte Regeln oder als Optimierungsmodelle vorliegen. Autonome Systeme sind daher überall dort einsatzfähig, wo Entscheidungen anhand von messbaren Kriterien getroffen werden. Autonome Systeme sind jedoch nicht kreativ und können keine Entscheidungen treffen, für die sie nicht vorbereitet wurden. Auch in Zukunft werden Autonome

Systeme den Rahmen ihrer Programmierung daher nicht verlassen können.

Das Fehlen dieser Fähigkeit definiert eine Grenze der Einsatzpotenziale Autonomer Systeme. Kreative Entscheidungen, also das sinnvolle Reagieren auf vollkommen neue Situationen, werden auch in Zukunft dem Menschen vorbehalten bleiben. Auf gänzlich unbekannte Situationen wird auch ein Autonomes System nicht reagieren können. Beispielhaft kann man dies anhand der folgenden Situation diskutieren. Im Normalfall wird ein autonomes Fahrzeug eine Autobahn auf einer Fahrspur nur in einer definierten Richtung befahren. Kommt es zu einem Stau, wird ein autonomes Fahrzeug anhalten, und erst dann weiterfahren, wenn vor ihm genügend Platz entstanden ist. Ist eine Fahrspur z.B. aufgrund von Räumarbeiten gesperrt, so kann das autonome Fahrzeug auf eine andere Fahrspur ausweichen, da ihm das Konzept des Spurwechsels bekannt ist. Selten kommt es jedoch vor, dass die Polizei entscheidet, die wartenden Fahrzeuge z.B. aufgrund einer vorhersehbar langen Sperrung umdrehen zu lassen, und die Fahrbahn entgegen der Fahrtrichtung bis zur nächsten Ausfahrmöglichkeit zu befahren. Wurde diese Möglichkeit nicht in das autonome Fahrzeug einprogrammiert, wird es diese Entscheidung von sich aus nicht treffen können und auch die entsprechende Anweisung der Polizei nicht verstehen. Hier stößt das Autonome System daher an die Grenzen seiner Programmierung, die es selbständig nicht überwinden kann.

Wirtschaftliche Potenziale Autonomer Systeme

Das wirtschaftliche Potenzial von Autonomen Systemen liegt in deren Fähigkeit, selbständig und effizient Entscheidungen treffen zu können. Menschen müssen diese Systeme nicht mehr zu allen Zeiten leiten. Dies führt zu effizienteren Abläufen und zu einer verbesserten Ressourcennutzung.

Ein naheliegendes Beispiel ist die Produktion. Viele Produktionslinien sind heute auf die Massenproduktion von gleichen Produkten optimiert. Dabei ist der Gewinn pro gefertigtem Produkt häufig sehr ge-

ring; um wirtschaftlich zu arbeiten, müssen daher hohe Stückzahlen der gleichen Produkte produziert werden. Die Produktion von Spezialanfertigungen würde prozentual deutlich höhere Gewinne pro Stück ermöglichen. Die Umsetzung einer solchen Spezialanfertigung scheitert jedoch häufig an den nur geringen Stückzahlen und an dem absolut geringen Umsatz, der in keinem Verhältnis zu den Rüstkosten und administrativen Kosten wie z.B. den Kosten für den Vertragsabschluss steht. Diese fallen gerade bei sehr geringen Stückzahlen ins Gewicht und machen kleinere Aufträge unrentabel. Dies ist nicht nur für das produzierende Unternehmen nachteilig, sondern auch für Auftraggeber/-innen, die ihre Aufträge nicht platzieren können.

Autonome Systeme können hier zwei Aspekte unterstützen. In der operativen Fertigung kann ein autonomes Fertigungssystem selbständig Modifikationen an Produkten vornehmen, um neue Produkte zu erzeugen. Ein Beispiel hierfür sind automatisierte Gussanlagen, die selbständig anhand von Spezifikationen Formen produzieren und dann automatisiert entsprechende Werkstücke gießen. Arbeiter/-innen müssen lediglich Verbrauchsmaterialien einfüllen und Spezifikationen laden. Zukünftig werden Autonome Systeme aber auch Verhandlungen führen können, um beispielsweise auf digitalen Marktplätzen Maschinenkapazitäten zu verkaufen und selbständig Aufträge und Lieferzeiten auszuhandeln, und sogar Preisverhandlungen werden sie führen können. Das wirtschaftliche Potenzial von Autonomen Systemen liegt in diesem Fall in der gesteigerten Effizienz und in der Fähigkeit, Abläufe wie die individualisierte Massenproduktion wirtschaftlich zu gestalten. Dies führt nicht nur zu einer kosteneffizienten Produktion, sondern auch zu einer deutlich breiteren Produktpalette, die wirtschaftlich produziert werden kann.

Autonome Systeme haben das Potenzial, Entscheidungswege zu verkürzen und verfügbare Ressourcen optimal zu nutzen. Die vorgestellten Beispiele unterstreichen die Fähigkeiten von Autonomen Systemen. Relativ monotone Aufgaben mit einem beschränkten Entscheidungsspielraum werden Autonome Systeme recht schnell übernehmen können. Komplexere Entscheidungen sind dann möglich, wenn die da-