

1.1.2 Autonomie der Systeme



■ **Stichwörter:** Grundlagen der Autonomie, autonome technische Systeme, Deutungsmuster, selbstgesteuertes Handeln von technischen Systemen

> Warum ist das Thema wichtig?

In den Darstellungen der cyber-physischen Systeme (CPS),¹ der 4.0-Prozesse² und der intelligenten Software (inkl. KI)³ wird oft von „autonomen technischen Systemen“ gesprochen. Der Begriff „autonom“, der bisher Personen oder Institutionen vorbehalten war, wird nun auch

auf 4.0-Technologien⁴ bezogen. Technologien können in einem gewissen Rahmen Situationen erkennen und bewerten, autonom agieren, Entscheidungen treffen und lernen. Dabei darf nicht übersehen werden, dass sich die Grundlagen der Autonomie für Personen und Institutionen

von denen für technische Systeme unterscheiden. Diese Unterschiede sollte man sich bewusst machen, um die Möglichkeiten autonomer technischer Systeme zu verstehen und zu nutzen.

> Worum geht es bei dem Thema?

Begriffe: Autonomie – autonome technische Systeme

Hier wird **Autonomie** als Wahlfreiheit für eine Person verstanden, selbstbestimmt nach ethischen Werten und in reflexiver Haltung (Selbstreflexion) zu entscheiden und zu handeln. Autonom kann eine Person nur in sozialen Zusammenhängen sein.⁵ Autonom ist eine Person also nie allein, sondern auf Grundlage der Strukturen, Funktionen und der Kultur dieser sozialen Zusammenhänge (wie zum Beispiel Wertesystem, gesetzliche Vorgaben, Machtstrukturen, Stereotypen, implizite Vorurteile, Manipulationen).⁶ Entsprechend wird die Autonomie einer Person auch immer durch die sozialen Zusammenhänge geprägt,

gehemmt, unterdrückt oder gefördert. Gleichzeitig kann eine autonome Person diese sozialen Zusammenhänge infrage stellen, woraus sich Spannungen und Widersprüche ergeben können.⁷

Autonome technische Systeme entscheiden und agieren eigenständig und selbstlernend auf Grundlage von programmierten Funktionalitäten und technischen Mustern (Deutungsmustern). Diese Funktionalitäten und technischen Muster basieren auf künstlicher Intelligenz und 4.0-Technologien. Autonome technische Systeme können im Rahmen ihres technologischen Programms eigenständig handeln, lernen und Entscheidungen treffen. Sie können komplexe Aufgaben in einem bestimmten Anwendungsbereich

trotz variierender Zielvorgaben und Ausgangssituationen selbstständig lösen.⁸ Autonome technische Systeme sind cyber-physische Systeme (CPS).

Im Unterschied dazu agieren **automatisierte Systeme** auf Grundlage streng geregelter und „starr“ programmierter Abläufe (präzise Reproduktion).

Autonomie, bezogen auf Personen, basiert auf anderen Grundlagen als Autonomie, die sich auf technische Systeme bezieht – *siehe Abbildung 1*. Insofern bedeutet Autonomie für Personen und technische Systeme jeweils etwas anderes, auch wenn rein formal Vergleichbares beschrieben werden soll: das (scheinbar) eigenständige Agieren und Lernen von Systemen.

Autonome Personen in sozialen Systemen

Die Autonomie von Menschen basiert auf Merkmalen der Personen (beispielsweise Erwartungen, Bewusstsein, Sinnorientierung, Prägungen durch Sozialisation) und der sozialen Systeme, in

denen diese Personen entscheiden und handeln (beispielsweise Rollen, Normen, Milieus, ökonomische Bedingungen, Machtstrukturen, Gesetze und Relevanzstrukturen).⁹ Diese Merkmale der sozialen Systeme bilden dabei die

Rahmenbedingungen für die Autonomie der Personen. Sie prägen die Art des Verständnisses von Autonomie, sie können autonome Entscheidungen fördern oder sie erschweren und unterdrücken. Auf diesen Grundlagen entsteht die Fähig-

Diese Umsetzungshilfe gibt Experten und Interessierten Anregungen, wie Arbeit 4.0 zu gestalten ist. Die Empfehlungen sollten an die jeweilige konkrete betriebliche Situation angepasst werden.

¹ Cyber-physische Systeme (CPS) verbinden und steuern als autonome technische Systeme Arbeitsmittel, Produkte, Räume, Prozesse und Menschen beinahe in Echtzeit. Die komplette oder teilweise Steuerung übernimmt intelligente Software auf Grundlage von Modellen der künstlichen Intelligenz. Genutzt werden dazu unter anderem auch Sensoren/Aktoren, Verwaltungsschalen, Plattformen/Clouds.

² Unter 4.0-Prozessen werden hier alle Arbeitsprozesse verstanden, in denen cyber-physische Systeme (CPS) oder andere autonome technische Systeme (wie Plattformen, Messenger-Programme) beteiligt sind. 4.0-Prozesse sind in den Arbeitsprozessen bisher selten vollständig, aber in Ansätzen in allen Betrieben umgesetzt.

³ Intelligente Software steuert cyber-physische Systeme (CPS) und andere autonome technische Systeme (wie Messenger-Programme). Intelligente Software nutzt Modelle künstlicher Intelligenz zusammen mit anderen Basistechnologien wie zum Beispiel Algorithmen, semantischen Technologien, Data-Mining. Intelligente Software ist autonom und selbstlernend.

⁴ 4.0-Technologie bezeichnet hier Hardware und technologische Produkte (wie Assistenzmittel/Smartphones, Sensoren/Aktoren in smarten Arbeitsmitteln, Fahrzeugen, Produkten, Räumen usw., smarte Dienstleistungen, Apps), die von intelligenter Software (inkl. KI) ganz oder gesteuert werden.

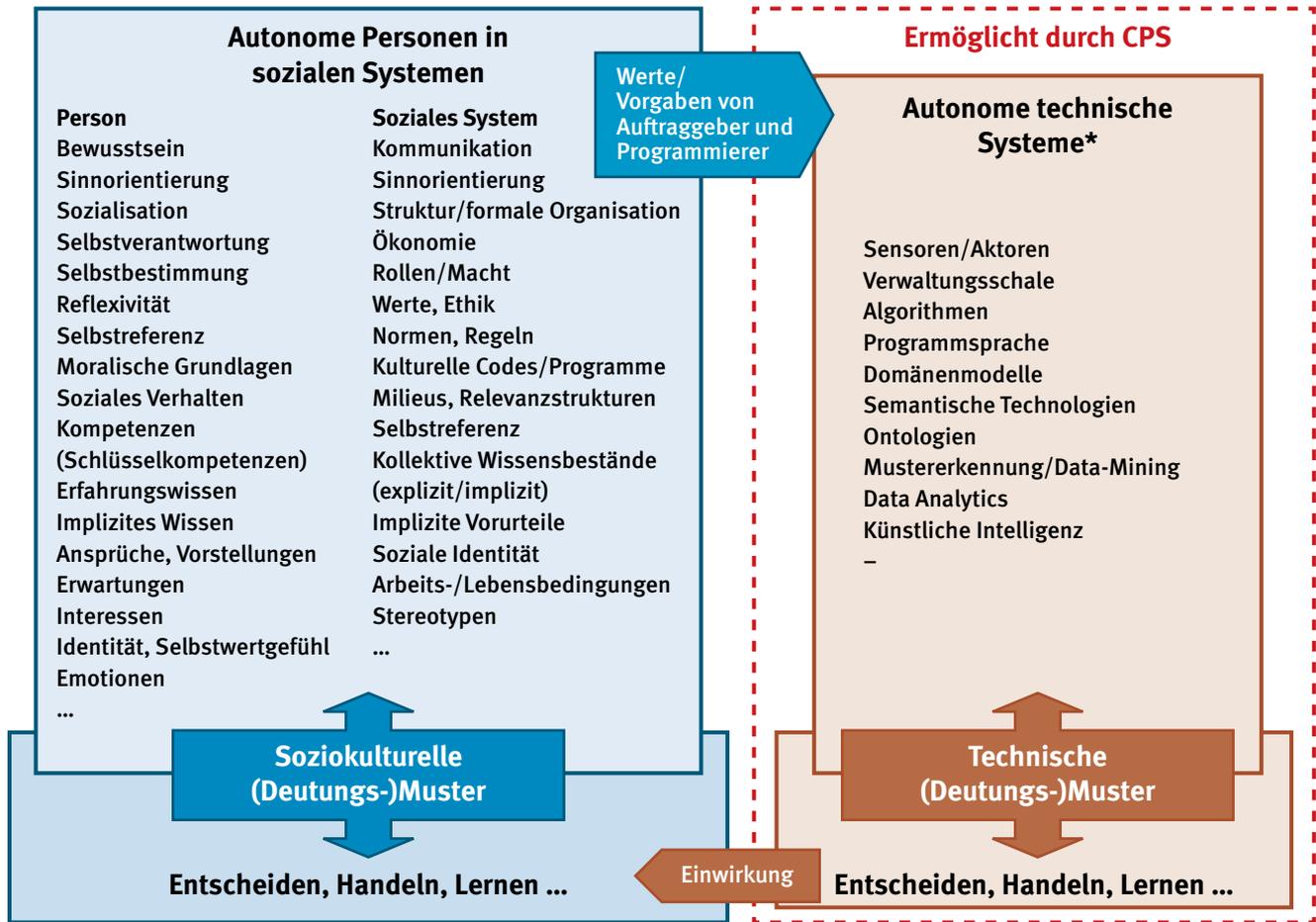
⁵ vgl. u. a. Kant 1986, S. 10ff.; Kornwachs 2017, S. 17ff.; Mill 1974, S. 20ff.; Pauer-Studer 2000, S. 12ff.; Rössler 2018, S. 368ff.

⁶ vgl. u. a. Adorno 1975, S. 139ff.; Rössler 2017, S. 384ff.

⁷ Rössler 2018, S. 396

⁸ Wahlster 2017, S. 1

⁹ Die folgenden Ausführungen basieren u. a. auf: Baecker 1999; Böhle et al. 2014, S. 52ff.; Bourdieu 1993; Forst 2015, S. 63ff.; Breyer-Mayländer 2018; Georg und Peter 2016; Luhmann 1996; Rosa 2016, S. 41ff.; Parsons 1976; Roth 1996; Schütz 1974



* Autonome technische Systeme entscheiden und agieren eigenständig und selbstlernend auf Grundlage von programmierten technischen Deutungsmustern. Automatisierte Systeme agieren demgegenüber auf Grundlage streng geregelter und „starr“ programmierter Abläufe.

Abbildung 1: Autonomie von Personen in sozialen Systemen und autonome technische Systeme (eigene Darstellung)

keit, selbstbestimmt zu denken, moralische Verantwortung zu übernehmen, zu entscheiden, zu handeln und zu lernen sowie sich und die Umgebung reflexiv in Frage zu stellen.¹⁰

Grundlage für eine autonome Entscheidung einer Person sind die komplexen soziokulturellen (Deutungs-)Muster der sozialen Systeme, in denen sie sich bewegt (die gleiche Person kann in unterschiedlichen sozialen Systemen auch unterschiedlich autonom entscheiden – im Betrieb anders als im Freundeskreis). Autonomie von Personen basiert also auf vielschichtigen, historisch gewachsenen, sozial bedingten und der Individualität der Person abhängigen Kontexten, die von technischen Systemen nicht imitiert oder auf einfache Weise erreicht werden können. Insofern ist der Operationsmodus von Personen und sozialen Systemen

ein gänzlich anderer als der von technischen Systemen.

Autonome technische Systeme

Die Autonomie technischer Systeme basiert nicht auf soziokulturellen, sondern auf technischen Deutungsmustern, die zu einer ganz anderen Form von Autonomie führen.

Grundlage aller 4.0-Technologien sind Modelle und Programmiersprachen der intelligenten Software (inkl. KI),¹¹ die wiederum auf unterschiedlichen digitalen Basistechnologien und Anwendungen beruhen (siehe unten). KI kann beispielsweise über Algorithmen riesige Datenbestände beinahe in Echtzeit analysieren, komplexe Lösungen entwickeln, Prozesse (teil-)steuern und sich eigenständig kontinuierlich weiterentwickeln (lernen). KI leistet rechnerisch und technisch ein Vielfaches mehr in deutlich kürzeren Fristen,

als jeder Mensch dazu in der Lage wäre, jedoch fehlt KI aktuell (noch) die soziokulturelle Dimension.

Zur Problemlösung und für autonome Entscheidungen nutzt KI rechnerisch-technische Anwendungen und unter anderem die folgenden Basistechnologien,¹² die wichtige Grundlagen für autonome technische Systeme liefern. Die folgenden Ausführungen zeigen, dass die Autonomie technischer Systeme auf technischen und rechnerischen Grundlagen sowie programmierten Kriterien basieren.

- **Sensortechnologie:** Sensoren können Bestandteile von Arbeitsmitteln, Räumen, Fahrzeugen, Bekleidung (Wearables) oder Assistenzmitteln sein und alle physikalischen, chemischen, klimatischen, biologischen und medizinischen Größen erfassen und in Daten umwandeln.

¹⁰Rössler 2018, S. 385.

¹¹vgl. u. a. Ertel 2016; Mainzer 2016

¹²vgl. u. a. BMWi 2016; Cernavin & Lemme 2018; Dengel 2012; Geisberger & Boy 2012, S. 130ff.; Heidel et al. 2017; Hering & Schönfelder 2018

- **Domänenmodelle, domänenspezifische Sprachen, Ontologien:** Diese Anwendungen sind zentral, damit die intelligente Software (inkl. KI) nicht stereotyp, sondern autonom handeln und selbstgesteuert lernen kann. Die Informationen, die die intelligente Software (inkl. KI) hierzu benötigt, werden durch den Menschen in einem Domänenmodell beschrieben. Dabei werden die Beziehungen der Konzepte und Objekte in standardisierten Ontologien erfasst (explizite, formale Spezifikation zur Bereitstellung von Wissensstrukturen). In Ontologien erfasstes Wissen kann dann ausgetauscht werden. Damit ist ein autonomes Erkennen der Situation, ein Planen und Lernen durch die Technik möglich. Neben Algorithmen steuern auch Ontologien die intelligente Software (inkl. KI) autonom und beinahe in Echtzeit.
- **Semantische Technologien:** Semantische Technologien versetzen Software in die Lage, Informationen ihrer Bedeutung entsprechend auszuwerten, zu verbinden und zu Neuem zu verknüpfen.
- **Algorithmen:** Algorithmen erkennen Muster eingehender Daten, vergleichen sie mit vorhandenen Mustern aus Big Data, ordnen sie nach bekannten Schemata oder entwickeln neue. Sie ermöglichen damit autonome Bewertungen und Entscheidungen durch intelligente Software (inkl. KI).
- **Multiagentensysteme:** In einem Multiagentensystem kooperieren autonome Softwareeinheiten (Agenten) zum Erreichen von Zielen in ihren Umgebungen (zum Beispiel über Sensoren und Aktoren) miteinander. Die Aktionen können reaktiv, aber auch proaktiv und selbstlernend sein.
- **Nutzer- beziehungsweise Menschmodelle, Human Awareness:** Wenn autonome Systeme mit Menschen interagieren, geschieht das auf Basis von Nutzer- beziehungsweise Menschmodellen. Dabei handelt es sich um Simulationen menschlichen Verhaltens (physisch und psychisch) in entsprechenden Anwendungsfällen zu dessen Diagnose, Vorhersage und

Unterstützung bei der Interaktion des autonomen technischen Systems mit Menschen. Die programmierten Grundlagen für das Nutzer- beziehungsweise Menschmodell und die Bewertungs- und Entscheidungskriterien können dafür maßgeblich sein, in welche Richtung das System lernt (zum Beispiel wert- oder nutzenorientiertes Verhalten).

- **Maschinelles/technisches Lernen und Data-Mining:** Auf Grundlage der theoretischen Informatik und Mathematik gewinnen Computer mittels technischer Lernmodule (Machine Learning) aus vorhandenen Datenmengen Wissen. Das geschieht entweder vor dem Hintergrund konkreter Fragestellungen („Was ist typisch für einen Stau?“) oder über Data-Mining,¹³ um allgemein neue Erkenntnisse zu generieren. Derartige Algorithmen ermöglichen, ein sich selbst optimierendes System zu gestalten.
- **Aktoren:** Die von Sensoren erfassten und durch Algorithmen verarbeiteten Daten werden von Aktoren (oder Aktuatoren) in Aktionen umgesetzt, zum Beispiel in Form von Schall, Druck, Temperatur, Bewegung, Drehmoment, Licht oder anderen physikalischen Größen. Aktoren finden sich beispielsweise in Arbeitsmitteln oder Elementen der Arbeitsumgebung wie Lampen, Motoren, Lautsprechern, Robotern oder in Druckern.

Gegenseitige Beeinflussung von autonomen Personen und autonomen technischen Systemen

Sowohl Personen (und soziale Systeme) als auch technische Systeme können also autonom agieren. Doch die Grundlagen für die Autonomie sind bei Personen und 4.0-Technologie unterschiedlich (soziokulturelle Muster und technische Muster).¹⁴ Die Unterschiede zwischen den Grundlagen der Autonomie zu erkennen, ist insofern relevant, weil sie die spezifischen Stärken und Schwächen im Entscheiden, Handeln und Lernen von Menschen (und sozialen Systemen) einerseits und Technik andererseits sichtbar machen. ▶ *Siehe auch Umsetzungshilfen 1.4.1 Kompetenzverschiebung zwischen*

Mensch und intelligente Software (inkl. KI); 1.3.3 Handlungsträgerschaft im Verhältnis Mensch und intelligenter Software (inkl. KI).

Autonome Personen und autonome technische Systeme beeinflussen sich aber in vielen Bereichen gegenseitig und tangieren damit auch die jeweils spezifischen Autonomiebedingungen des anderen Systems. Das beginnt damit, dass jedes autonome technische System von einer Person beziehungsweise einer Institution (Betrieb) auf den Weg gebracht wird. Eine Person programmiert die intelligente Software (inkl. KI) auf Grundlage spezieller Interessen (Auftragslage, Kundenbedarf, Markt), in speziellen Machtverhältnissen (Betrieb, Arbeitsaufgabe, Anweisungen) und auf Grundlage spezieller Werte (Gesellschaft, Gesetze, Unternehmenskultur). Das technische System wird dann in seinem Arbeitsprozess auf Grundlage seiner technischen Muster autonom entscheiden, handeln und lernen, aber es nimmt dabei immer auch die programmierten Interessen und Werte des Auftraggebers und Programmierers mit.

Gleichzeitig beeinflusst das autonome technische System in der Interaktion mit Menschen und Institutionen die Autonomie dieser Menschen und Institutionen.¹⁵

▶ *Siehe Umsetzungshilfe 1.3.2 Interaktion zwischen Mensch und intelligenter Software (inkl. KI).* Hierzu ein paar Beispiele:

- Autonome intelligente Software (inkl. KI) kann über Fahrzeugtracking Routen von beispielsweise Handwerkern hinsichtlich Dringlichkeit und Effizienz planen, auch unter Berücksichtigung unvorhergesehener, kurzfristiger Aufgabenänderungen. Damit wird einerseits der Handlungsspielraum des betroffenen Beschäftigten verringert, da er in Bezug auf die Route keine eigenen Entscheidungen mehr treffen kann. Andererseits kann das die Effizienz der Abläufe für den Betrieb deutlich erhöhen und auch dem Beschäftigten belastende Situationen (wie zum Beispiel Staus, Zeitdruck) ersparen.
- Autonome intelligente Software (inkl. KI) kann die Handlungsträgerschaft beispielsweise beim Warten von Anlagen übernehmen. Die Software legt

¹³ Data-Mining ist die systematische Analyse von umfangreichen Datenmengen mit dem Ziel, neue Muster zu erkennen und neues Wissen zu gewinnen.

¹⁴ Man kann sich darüber streiten, ob man für beide Formen der Autonomie das gleiche Wort benutzen oder beispielsweise bei technischen Systemen besser von „autonomisierter Technik“ sprechen sollte, wie es Kornwachs vorschlägt (Kornwachs 2017, S. 22). In den Umsetzungshilfen wird zur Unterscheidung von „autonomen technischen Systemen“ gesprochen beziehungsweise von „Autonomie von Personen“, um den Unterschied deutlich zu machen.

¹⁵ vgl. u. a. Balfanz 2017; Kornwachs 2017, S. 32ff.; Rössler 2017, S. 216ff.; Westhoff 2018

nach bestimmten Kriterien (zum Beispiel Effizienz, Abnutzungsgrad) fest, wann und wie die Anlage gewartet wird, ohne dass der Beschäftigte dies steuern kann. Das kann den Beschäftigten entlasten, da er beispielsweise routinemäßige Kontrollaufgaben nicht mehr durchführen muss. Es kann den Beschäftigten aber auch zusätzlich belasten, da er nicht mehr die Kontrolle über die Abläufe hat und sich eventuell entmündigt fühlt.

- Autonome technische Systeme können zum Beispiel im Pflegebereich steuern, wer sich wann um einen Patienten kümmert, der das Notsignal ausgelöst hat. Wenn das einzige Kriterium der Standort des nächstgelegenen Pflegers ist, kann es zu schwerwiegenden Auswirkungen auf eine zu erledigende Arbeitsaufgabe kommen oder die Einteilung kann als ungerecht empfunden werden. Werden neben dem Standort auch andere Parameter

mitberücksichtigt wie momentane Aufgabe, Einsatzplanung oder Pausenregelung, kann das autonome technische System effektive und als gerecht empfundene Lösungen ermöglichen.

- Autonome technische Systeme können auf Grundlage von Datenprofilen Personen und Betrieben Vorschläge zur Verbesserung von Lebens- und Arbeitsprozessen machen (zum Beispiel Gesundheit, Sport, Arbeitsrhythmen, Controlling-Kennzahlen, Personalbewertung). Ein Problem kann dabei sein, dass die den Vorschlägen zugrunde liegende Datenqualität nicht ausreichend ist und es somit zu verzerrten und nicht verlässlichen Vorschlägen kommt. ▶ *Siehe Umsetzungshilfe 2.3.3 Datenqualität in 4.0-Prozessen.* Oder die Kriterien, nach denen das autonome technische System Gesundheits- und Verhaltensvorschläge unterbreitet, sind den Personen und dem Betrieb nicht bekannt. Andererseits können

die Vorschläge das Wohlbefinden der Personen steigern oder dazu beitragen, die Arbeitsabläufe produktiver und gesundheitsgerechter zu gestalten. Auch kann die Gewöhnung an derartige Vorschläge der 4.0-Technologie dazu führen, dass Personen und Betriebe schrittweise „verlernen“, eigenständig in diesen Bereichen Entscheidungen zu treffen, und sich auf die Vorschläge der intelligenten Software (inkl. KI) verlassen. ▶ *Siehe Umsetzungshilfe 1.1.5 Kriterien zur Erklärbarkeit der 4.0-Technologien.*

Diese Beispiele sollen aufzeigen, wie autonome technische Systeme in die Autonomie von Personen und Institutionen einwirken können. Auch wenn Personen und Institutionen einerseits und 4.0-Technologien andererseits vollkommen unterschiedlichen Logiken von Autonomie folgen, so beeinflussen sich beide Seiten in der Interaktion gegenseitig.

▶ Welche Chancen und Gefahren gibt es?

Wer die unterschiedlichen Grundlagen der Autonomie von Personen und Institutionen einerseits und 4.0-Technologien andererseits kennt und berücksichtigt, kann unter anderem folgende **Chancen** nutzen:

- Der Unternehmer besitzt Kriterien, um erklären zu können, warum und in welchen Situationen autonome technische Systeme genutzt werden und teilweise oder ganz die Handlungsträgerschaft übernehmen.
- Die spezifischen Stärken von autonom entscheidenden Personen und 4.0-Technologien für die Arbeitsprozesse werden erkannt.
- Der Betrieb kann bewusst Bedingungen schaffen, in denen das autonome Entscheiden und Handeln von Führungskräften und Beschäftigten im Rahmen der betrieblichen Anforderungen gefördert werden.
- Der Unternehmer kann den Führungskräften und Beschäftigten deutlich machen, warum er ihre autonomen Entscheidungen im Rahmen der Anforderungen des Betriebes wertschätzt.
- Bei den Führungskräften und Beschäft-

tigten wird das Gefühl gefördert, dass ihre Autonomie anerkannt wird, auch wenn intelligente Software (inkl. KI) teilweise Handlungsträgerschaft übernimmt.

- Die Führungskräfte und Beschäftigten werden eher bereit sein, ihre Eigenschaften wie Selbstverantwortung, Selbstbestimmung, soziales Verhalten, Kompetenzen, Reflexivität oder Selbstwertgefühl für den Betrieb einzubringen.

Wer die unterschiedlichen Grundlagen der Autonomie von Personen und Institutionen einerseits und 4.0-Technologien andererseits nicht kennt und beachtet, kann unter anderen folgenden **Gefahren** unterliegen:

- Autonome Personen oder autonome Technologien können Fehlentscheidungen treffen, die im schlechtesten Fall erst spät oder gar nicht erkannt werden.
- Die Stärken und Schwächen von autonomen technischen Systemen können nicht gezielt und systematisch genutzt beziehungsweise berücksichtigt werden.

- Der 4.0-Technologie werden Aufgaben übertragen, für die die Führungskräfte und Beschäftigten besser geeignet wären.

- Wer die unterschiedlichen Grundlagen von autonomen Personen und autonomer 4.0-Technologie nicht kennt und keine Kriterien für die Unterscheidung besitzt, kann den Führungskräften und Beschäftigten nicht überzeugend erläutern, welche Bedeutung die autonomen und eigenverantwortlichen Entscheidungen von Personen für den Betrieb haben und welche Bedeutung der Einsatz der autonomen technischen Systeme hat.

- Führungskräfte und Beschäftigte können sich bevormundet und entmündigt fühlen, wenn autonome 4.0-Technologie die Handlungsträgerschaft übernimmt, ohne dass ihnen erläutert wird, warum dies geschieht.
- Führungskräfte und Beschäftigte können sich in ihren autonomen Entscheidungen bedroht fühlen, wenn die speziellen Stärken der autonomen technischen Systeme im Betrieb nicht erklärt werden können.

› Welche Maßnahmen sind zu empfehlen?

Diese Umsetzungshilfe will Kriterien für die Einschätzung von autonomen Systemen sowie für die unterschiedlichen Grundlagen der Autonomie von Personen und Institutionen einerseits sowie von autonomen technischen Systemen an-

dererseits geben. Die Inhalte dieser Umsetzungshilfe sollten in allen konkreten Maßnahmen zur Integration von 4.0-Technologie in die betrieblichen Prozesse mitberücksichtigt werden. Insofern spielen die hier dargelegten Inhalte bei allen

Maßnahmen zur Gestaltung der Arbeit 4.0 eine Rolle. Die Umsetzungshilfen Arbeit 4.0 bieten eine Fülle von Hinweisen und Empfehlungen, wie 4.0-Technologien wirkungsvoll und präventiv gestaltet werden können.

Quellen und weitere Informationsmöglichkeiten:

- Adorno, T. W. (1975). *Negative Dialektik* (2. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Baecker, D. (1999). *Organisation als System*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Balfanz, D. (2017). Autonome Systeme. In W. Schröter (Hrsg.), *Autonomie des Menschen – Autonomie der Systeme* (S. 137–150). Mössingen-Talheim: Talheimer Verlag.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016). *Struktur der Verwaltungsschale – Fortentwicklung des Referenzmodells für die Industrie 4.0-Komponente*. Berlin: BMWi.
- Böhle, F., Bolte, A., Huchler, N., Neumer, J., Porschen-Hueck, A., & Sauer, S. (2014). *Vertrauen und Vertrauenswürdigkeit*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Bourdieu, P. (1993). *Sozialer Sinn*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Breyer-Mayländer, T. (2018). Der Autonomiebegriff in unterschiedlichen Bereichen und Disziplinen. In T. Breyer-Mayländer (Hrsg.), *Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel* (S. 17–30). Baden-Baden: edition sigma in der Nomos Verlagsgesellschaft.
- Cernavin, O., & Lemme, G. (2018). Technologische Dimensionen der 4.0-Prozesse. In O. Cernavin, W. Schröter, & S. Stowasser (Hrsg.), *Prävention 4.0* (S. 21–57). Wiesbaden: Springer Verlag.
- Dengel, A. (Hrsg.). (2012). *Semantische Technologien*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Ertel, W. (2016). *Grundkurs künstliche Intelligenz* (4. Aufl.). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Forst, R. (2015). *Normativität und Macht*. Berlin: Suhrkamp Verlag.
- Geisberger, E., & Broy, M. (Hrsg.). (2012). *agendaCPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems*. München: acatech Studie.
- Georg, A., & Peter, G. (2016). *SelbstWertGefühl*. Hamburg: VSA Verlag.
- Heidel, R., Hoffmeister, M., Hankel, M., & Döbrich, U. (2017). *Industrie 4.0 – Basiswissen RAMI4.0*. Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.), Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag, VDE-Verlag.
- Hering, E., & Schönfelder, G. (Hrsg.). (2018). *Sensoren in Wissenschaft und Technik* (2. Aufl.). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Kant, I. (1986). *Kritik der reinen Vernunft*. Ditzingen: Reclam Verlag.
- Kornwachs, K. (2017). Der Herr der Dinge oder warum wir unsere Geschöpfe an die Hand nehmen sollten. In W. Schröter (Hrsg.), *Autonomie des Menschen – Autonomie der Systeme* (S. 15–66). Mössingen-Talheim: Talheimer Verlag.
- Luhmann, N. (1995). *Das Recht der Gesellschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Luhmann, N. (1996). *Soziale Systeme* (6. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Mainzer, K. (2016). *Künstliche Intelligenz*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Mill, J. S. (1974). *Über die Freiheit*. Ditzingen: Reclam Verlag.
- Parsons, T. (1976). *Zur Theorie sozialer Systeme*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Pauer-Studer, H. (2000). *Autonom leben*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Rosa, H. (2016). *Resonanz*. Berlin: Suhrkamp Verlag.
- Rössler, B. (2017). *Autonomie*. Berlin: Suhrkamp Verlag.
- Roth, G. (1996). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Schütz, A. (1974). *Aufbau der sozialen Welt*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Wahlster, W. (2017). *Künstliche Intelligenz als Grundlage autonomer Systeme*. In Informatik Spektrum, 06 (S. 1–10).
- Westhof, D. (2018). Gedanken zu Autonomieverschiebungen durch Informations- und Kommunikationstechnologien. In T. Breyer-Mayländer (Hrsg.), *Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel* (S. 67–79). Baden-Baden: edition sigma in der Nomos Verlagsgesellschaft.

Zu diesem Thema könnten Sie auch folgende weitere Umsetzungshilfen interessieren:

Die Inhalte dieser Umsetzungshilfe spielen bei den Maßnahmen fast aller anderen Umsetzungshilfen „Arbeit 4.0“ eine Rolle. Umsetzungshilfen, die viele Aspekte des Themas autonome Systeme ergänzen, sind zum Beispiel:

- 1.1.5 Kriterien zur Erklärbarkeit der 4.0-Technologien
- 1.3.2 Interaktion zwischen Mensch und intelligenter Software (inkl. KI)
- 1.3.3 Handlungsträgerschaft im Verhältnis Mensch und intelligente Software (inkl. KI)
- 1.4.1 Kompetenzverschiebung zwischen Mensch und intelligenter Software (inkl. KI)
- 2.3.3 Datenqualität in 4.0-Prozessen



**OFFENSIVE
MITTELSTAND**
GUT FÜR DEUTSCHLAND

Herausgeber: „Offensive Mittelstand – Gut für Deutschland“ – Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“ Kurfürsten-Anlage 62, 69115 Heidelberg, E-Mail: info@offensive-mittelstand.de; Heidelberg 2019

© Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“, 2019 Heidelberg. Gemeinsam erstellt von Verbundprojekt Prävention 4.0 durch BC GmbH Forschung, Institut für Betriebliche Gesundheitsförderung BGF GmbH, Forum Soziale Technikgestaltung, Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. – ifaa, Institut für Mittelstandsforschung Bonn – IfM Bonn, itb – Institut für Technik der Betriebsführung im Deutschen Handwerksinstitut e.V., Sozialforschungsstelle Dortmund – sfs Technische Universität Dortmund, VDSI – Verband für Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz bei der Arbeit e.V. – gefördert vom BMBF – Projektträger Karlsruhe