

3.1.4 Sicherheit von verketteten Arbeitsmitteln mit 4.0-Technologie



■ **Stichwörter:** Anlagen, Beschaffung, Betriebssicherheit, Gesamtheit von Maschinen, Konformitätserklärung

> Warum ist das Thema wichtig?

Bestandteil von cyber-physischen Systemen (CPS)¹ sind in Arbeitsprozessen oft Arbeitsmittel, die untereinander Daten austauschen und sich gegenseitig beeinflussen und ganz oder teilweise steuern. Dies kann in allen Anwendungsbereichen² geschehen, als autonomer Datenaustausch zwischen zwei Arbeitsmitteln

oder als Bestandteil einer gegebenenfalls umfangreichen Verkettung von Arbeitsmitteln und Arbeitsprozessen („Gesamtheit von Maschinen“ nach Maschinenrichtlinie). Diese gegenseitige Verkettung und Beeinflussung basiert in 4.0-Prozessen³ auf autonomer und selbstlernender intelligenter Software⁴ mit ihren Modellen

der künstlichen Intelligenz (KI). In diesen Prozessen trifft sie eigenständig Entscheidungen und beeinflusst damit auch die Sicherheit der Prozesse. Aus diesem Grund sollten die Sicherheitsaspekte verketteter Arbeitsmittel besonders beachtet werden.

In dieser Umsetzungshilfe werden keine überwachungsbedürftigen Anlagen behandelt.

> Worum geht es bei dem Thema?

Begriffe: Verkettete Arbeitsmittel – Gesamtheit von Maschinen

Unter **verketteten Arbeitsmitteln** werden hier Arbeitsmittel mit 4.0-Technologie⁵ verstanden, die über CPS und intelligente Software (inkl. KI) Daten austauschen, kommunizieren und zusammenarbeiten. Das kann eine einfache Verkettung sein wie ein Abstimmungsprozess zwischen zwei Arbeitsmitteln an einem Arbeitsplatz. Das können aber auch umfangreiche Verkettungen sein wie die Gesamtsteuerung von mehreren Maschinen als sogenannte „Gesamtheit von Maschinen“. Bei der Verkettung sind spezielle zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen erforderlich. Die Grenze zwischen einfa-

cher und umfangreicher Verkettung von Arbeitsmitteln ist nicht immer eindeutig zu ziehen. Deswegen ist bei jeder Verkettung zu überprüfen, ob es sich um eine „Gesamtheit von Maschinen“ (nach Maschinenrichtlinie) handelt.

Unter **Gesamtheit von Maschinen**⁶ werden (nach § 2 der Maschinenrichtlinie) mehrere Maschinen (Arbeitsmittel) verstanden, die zusammenwirken und so angeordnet sind und betätigt werden, dass sie als Gesamtheit funktionieren. Eine Gesamtheit bilden die Maschinen,

■ wenn ein produktionstechnischer Zusammenhang besteht wie die zusammenhängende Aufstellung, gemeinsame Herstellung eines Produktes,

übergeordnete funktionale Steuerung und

■ wenn ein sicherheitstechnischer Zusammenhang besteht, also beispielsweise ein Ereignis an einer Maschine zu einer Gefährdung an einer anderen Maschine führt (dann muss zum Beispiel eine Not-Halt-Einrichtung alle Maschinen stillsetzen, auch wenn nur von einer eine Gefahr ausgeht).

Handelt es sich um eine „Gesamtheit von Maschinen“, ist dafür eine Zertifizierung (CE-Konformitätserklärung) erforderlich und die funktionale Sicherheit herzustellen.

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 Anwendungsbereiche von CPS können sein: **Insellösungen**, Teilkomponenten und Teilprozesse (zum Beispiel einzelne Arbeitsplätze, Arbeitsmittel, Teile von Anlagen, Räume, Produkte, Assistenzsysteme) und **verkettete Prozesse** und Gesamtsystemlösungen (zum Beispiel verkettete Arbeitsmittel, Wertschöpfungskette). Außerdem **geschlossene Betriebsanwendungen** (autark – zum Beispiel Edge Computing, betriebliche Cloud) **offene Anwendungen** (zum Beispiel Public Clouds, Hersteller-Plattformen).

³ 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.

⁴ 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.

⁵ 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 teilweise gesteuert werden.

⁶ BMAS 2011

Bei mit 4.0-Technologien verketteten Arbeitsmitteln sind immer die Maßnahmen der Umsetzungshilfe 3.1.1 zugrunde zu legen. ▶ *Siehe Umsetzungshilfe 3.1.1 Betriebssicherheit der cyber-physischen Systemen (CPS).*

Verkettung von Arbeitsmitteln

Bei Arbeitsmitteln, die mit 4.0-Technologie verkettet sind, arbeiten die Steuerungssysteme (CPS/Verwaltungsschalen) der einzelnen Arbeitsmittel mit der Steuerungssoftware des Gesamtsystems der verketteten Anlagen zusammen beziehungsweise die Einzelsysteme der Arbeitsmittel ergeben durch Verkettung ein gesamtes Funktionssystem. Dabei ist zu überlegen, welche (Einzel-)CPS der einzelnen Arbeitsmittel benötigt werden und wie sich die einzelnen Steuerungssysteme/CPS zueinander orientieren.

Beim Einsatz von Arbeitsmitteln mit 4.0-Technologie sollte der Unternehmer oder der Beschaffer immer analysieren, welche Daten das Arbeitsmittel erfasst, speichert, weiterleitet, wie diese Daten verarbeitet werden und wie sie sich auf die anderen Komponenten auswirken. So lässt sich auch feststellen, ob das Arbeitsmittel mit anderen Arbeitsmitteln Daten austauschen soll/kann beziehungsweise austauscht und wie diese für den Betrieb und die Arbeitsprozesse genutzt werden. Dies ist die Voraussetzung, um mit 4.0-Technologie Arbeitsmittel zu verketteten und damit Arbeitsprozesse produktiver, aber auch sicherer und gesundheitsgerechter gestalten zu können.

Damit die 4.0-Technologien die Arbeitsmittel untereinander autonom verketteten können, müssen sie „dieselbe Sprache sprechen“ (Ontologien), die die steuernde intelligente Software (inkl. KI) der Arbeitsmittel versteht und verarbeiten kann. Dabei sollte der Betrieb unter anderem untersuchen,⁷ wie die Koordination zwischen den Arbeitsmitteln beziehungsweise die komplette oder teilweise Steuerung der Arbeitsmittel über das Steuerungssystem (CPS) erfolgen soll. Oft handelt es sich bei der Verkettung um Arbeitsmittel mit unterschiedlicher Programmiersprache. Damit können Steuerungsprofile der intelligenten Software (inkl. KI) unterschiedlich sein. Außerdem können die unterschiedlichen Arbeitsmit-

tel unterschiedliche Arbeitsprofile abdecken. Insofern sollte überprüft werden, ob die zur Verfügung stehenden Arbeitsmittel die Anforderungen an die Verkettung erfüllen (zum Beispiel Schnittstellen der Programmierung).

Auch der Aspekt, welche der benötigten Arbeitsschritte einzelner Arbeitsmittel für den reibungslosen Ablauf des Gesamtsystems softwaretechnisch erforderlich sind und wie die Zusammenarbeit der Arbeitsmittel gestaltet sein muss, spielt eine Rolle (zum Beispiel Übergabe einer Komponente von einem Roboter an den nächsten). Berücksichtigt werden sollte bei der Planung der Verkettung auch, ob die Systeme den Bedien- und Wartungspersonen angemessene und ausreichende Informationen liefern und in welchem Format diese ausgegeben werden. Dies kann zur Folge haben, dass entsprechende Assistenzsysteme wie Tablets oder Datenbrillen angeschafft und in die Systeme der verketteten Arbeitsmittel integriert werden müssen.

Bei der Planung der verketteten Anlage ist zu reflektieren, ob die verketteten Arbeitsmittel mit anderen Steuerungssystemen im Betrieb, etwa Materialorganisation, Controlling oder Logistik, zusammenarbeiten oder auch auf welche Weise Dritte (zum Beispiel Kunden, Lieferanten, Hersteller, Wartungsdienste) in die Arbeitsabläufe der verketteten Anlage eingreifen sollen/können. Ebenfalls ist zu analysieren, wie die Daten der verketteten Anlage mit weiteren Plattformen und vergleichbaren Netzen verbunden sind und welche weitergehende Kommunikation, weiteren Anwendungen und Prozesse in diesem Zusammenhang erfolgen (Cybersicherheit).

Bei der Verkettung von Arbeitsmitteln über 4.0-Technologien sind immer sicherheitstechnische Aspekte zu berücksichtigen. Über CPS verkettete komplett oder teilweise gesteuerte Arbeitsmittel können immer dann, wenn es Schnittstellen zu Handlungen von Personen gibt, zu Gefährdungen führen, die diese Personen eventuell nicht beeinflussen können. Insofern sind bei Verkettungen von Arbeitsmitteln mit 4.0-Technologien unter anderem folgende Aspekte des Arbeitsschutzes zu beachten:⁸

■ Gefährdungsbeurteilung zu Arbeiten

mit durch 4.0-Technologien verketteten Arbeitsmitteln

- Ergonomische Einrichtung und Aufstellung der verketteten Arbeitsmittel
- Wechselwirkungen zwischen Arbeitsmitteln (zum Beispiel elektromagnetische), die die Betriebssicherheit beeinflussen können
- Eingriffs- und Interventionsmöglichkeiten in die verketteten Arbeitsmittel durch Personen (Not-Aus-Einrichtung)
- Betriebsanweisungen zu einzelnen und verketteten Komponenten und Arbeitsanweisungen
- Information der Führungskräfte und Beschäftigten über die Funktionen und die Bedienung der verketteten Arbeitsmittel
- Unterweisung der Führungskräfte und Beschäftigten im sicheren und gesundheitsgerechten Umgang mit den verketteten Arbeitsmitteln mit 4.0-Technologie

Umfangreiche Verkettung von Arbeitsmitteln (Gesamtheit von Maschinen)

Der produktionstechnische und sicherheitstechnische Zusammenhang ist beim Einsatz von 4.0-Technologien (wie Sensoren/Aktoren, intelligenter Software/CPS) zunehmend gegeben. Zudem verketteten autonome und selbstlernende Softwaresysteme Arbeitsmittel selbstständig und flexibel, sodass immer wieder neue „Gesamtheiten“ entstehen.

Daraus leiten sich spezielle Schutzmaßnahmen ab, die durch den Betreiber abzusichern sind. Beispielsweise kann ein Unternehmer, der mehrere Arbeitsmittel über 4.0-Technologien verkettet, zum Hersteller oder Inverkehrbringer werden, wenn er dadurch eine neue funktionale Gesamteinheit herstellt. Dann muss er als wesentliche Maßnahme die Anforderungen an das „Inverkehrbringen von Arbeitsmitteln“ beachten, etwa die Herstellung der CE-Konformität. Mit der CE-Kennzeichnung dokumentiert der Hersteller selbst, dass die mit 4.0-Technologie verketteten Arbeitsmittel die für den Betrieb notwendigen Sicherheitsstandards erfüllen.⁹

Insofern sollten Unternehmer bei Verkettungen von Arbeitsmitteln mit 4.0-Technologien immer überprüfen, ob es sich um eine Gesamtheit von Maschinen im Sinne

⁷ Hoppe 2014, S. 266ff.

⁸ Kring 2018

⁹ Der CE-Selbstzertifizierungsprozess umfasst für den Hersteller der verketteten Arbeitsmittel nach Maschinenrichtlinie folgende Pflichten: Risikobeurteilung, Maschinenkennzeichnung, Betriebsanleitung, Konformitätserklärung, CE-Kennzeichnung, technische Dokumentation (umfassende Darstellung in BG ETEM o. J.)

der Maschinenrichtlinie handelt. Dann sind sie als Hersteller in der Pflicht, die Konformität sicherzustellen. Anforderungen an eine Überprüfung bezüglich der Konformität umfassen die Fragen:

- Handelt es sich um ein verkettetes Arbeitsmittel?
- Wenn ja, welche sicherheitstechnischen Abhängigkeiten bestehen?
- Welche Konsequenzen ergeben sich aus der Bewertung der sicherheitstechnischen Abhängigkeiten?

Intelligente Software (inkl. KI) ermöglicht es, die Absicherung der sicherheitstechnischen Anforderungen in das System der verketteten Arbeitsmittel zu integrieren. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass die Sicherheitsanforderungen innerhalb der 4.0-Technologie (im Komponentenmanager der Verwaltungsschale) als Sicherheitsprofile definiert und abgelegt werden. Diese Profile ermöglichen es dann, sicherheitstechnische Teilkonzepte zu entwickeln und zu überprüfen, die für die Herstellung der Konformität der Gesamtheit der Maschinen hilfreich sind.

Voraussetzung ist, dass die Profile mit den Sicherheitsfunktionen in allen verketteten Arbeitsmitteln des Verbundes implementiert sind. Sollten im Verbund der verketteten Arbeitsmittel einzelne Arbeitsmittel vorhanden sein, die eines der benötigten Profile mit den Sicherheitsfunktionen nicht implementiert haben oder deren Profil veraltet ist, muss befähigtes Personal die nicht vollständig abgedeckten Sicherheitsrisiken bewerten. Diese von Personen vorgenommenen Bewertungen der nicht durch die 4.0-Technologie selbst als sicher eingestufteten Arbeitsmittel und Arbeitsprozesse sollten dann zentral gespeichert werden. Diese festgestellten sicherheitstechnischen Anforderungen können dann in die bestehende 4.0-Technologie (Verwaltungsschale) der verketteten Arbeitsmittel beziehungsweise in das spezielle Arbeitsmittel aufgenommen werden. Sie stehen zukünftig als neu hinterlegte Sicherheitsparameter zur Verfügung.

Bei den komplexen mit 4.0-Technologie verketteten Arbeitsmitteln, die als „Gesamtheit der Maschinen“ gelten, ist zur Zertifizierung eine Risikobeurteilung

vorzunehmen, die ebenfalls in die Sicherheitsprofile der einzelnen Arbeitsmittel integriert werden könnte. Dabei ist darauf zu achten, dass das Sicherheitsprofil Not-Halt im Steuerungssystem der verketteten Arbeitsmittel sowie in jedem einzelnen Arbeitsmittel enthalten ist. Die Not-Halt-Funktion muss zwingend in jedem Modul vorhanden sein. Diese wirkt auf das Modul selbst und auf die gesamte Linie der verketteten Arbeitsmittel.

Bei allen Fragen der Integration der Sicherheitsprofile in die Arbeitsmittel verketteter Systeme ist auch zu beachten, dass die 4.0-Technologie gegebenenfalls die Arbeitsmittel ständig neu verkettet und zusammenstellt und somit vorab nicht abgeschätzt werden kann, welche Anlagenkonfigurationen in der Zukunft benötigt werden. Unterschiedliche Sicherheitsprofile (Protokolle) der einzelnen verketteten Arbeitsmittel verschiedenster Anbieter am Markt können die Überschaubarkeit aller möglichen Interaktionen zwischen Arbeitsmitteln und Anwendungen erschweren. Beide Aspekte müssen bei der Planung berücksichtigt werden.

› Welche Chancen und Gefahren gibt es?

Chancen von mit 4.0-Technologie verketteten Arbeitsmitteln können unter anderem sein:

- Die 4.0-Technologie verkettet die Arbeitsmittel autonom und bedarfsgerecht in kürzester Zeit (teilweise beinahe in Echtzeit).
- Arbeitsprozesse der verketteten Arbeitsmittel können flexibel, schnell und produktiv gestaltet werden.
- Die 4.0-Technologie kann bei komplexen Anlagen (Gesamtheit von Maschinen) die Zertifizierung oder Teile davon automatisch vornehmen.
- Arbeitsprozesse können sicherer und gesundheitsgerechter gestaltet werden, da die Risikobeurteilung teilwei-

se in die 4.0-Technologie integriert ist und diese im laufenden Prozess Schutzmaßnahmen festlegt und umsetzt.

Gefahren von mit 4.0-Technologie verketteten Arbeitsmitteln können unter anderem sein:

- Die mit 4.0-Technologie verketteten Arbeitsmittel und deren intelligente Software (inkl. KI) erfüllen nicht die sicherheitstechnischen Anforderungen.
- Mit 4.0-Technologie im Prozess bedarfsgerecht komplex verkettete Arbeitsmittel (Gesamtheit von Maschinen) erfüllen nicht die europäische Konformität.

- Führungskräfte und Beschäftigten haben bei den verketteten Arbeitsmitteln keine Möglichkeit zu intervenieren (zum Beispiel Not-Aus).
- Führungskräfte und Beschäftigte sind nicht über die Möglichkeiten der mit 4.0-Technologien verketteten Arbeitsmittel informiert und nicht im Umgang mit ihnen trainiert und unterwiesen.
- Die Datensicherheit der mit 4.0-Technologie verketteten Arbeitsmittel ist nicht geregelt.
- Wenn der Zugriff Dritter auf die einzelnen Arbeitsmittel oder die Gesamtheit der Maschinen nicht geregelt ist, können Gefahren für die Betriebssicherheit entstehen.

› Welche Maßnahmen sind zu empfehlen?

Neben den allgemeinen Maßnahmen zur Betriebssicherheit (› siehe *Umsetzungshilfe 3.1.1. Betriebssicherheit der CPS*) sind bei mit 4.0-Technologien verketteten Arbeitsmitteln unter anderem folgende Maßnahmen¹⁰ zu empfehlen:

Planung und Vorbereitung der Verkettung von Arbeitsmitteln

- Überprüfen, ob bestehende oder zu beschaffende Arbeitsmittel mit intelligenter Software (inkl. KI) verkettet sind oder ob diese nachgerüstet werden können (zum Beispiel Einbau weiterer

Sensoren und Aktoren).

- Überprüfen, welche eigenständigen Verkettungen und Konfigurationen zwischen Arbeitsmitteln durch die autonome und selbstlernende Steuerungssoftware möglich sind.
- Überprüfen, ob die verketteten Ar-

¹⁰ nach BGHM 2013; BG Metall Nord-Süd 2005; BMAS 2011; DIN EN ISO 11161:2010-10; Hoppe 2014; Kring 2018; Technologie-Initiative SmartFactory KL e. V. 2018

beitsmittel eine komplexe Verkettung („Gesamtheit der Maschinen“) darstellen und somit zusätzliche Anforderungen durch den Betreiber einzuhalten sind.

- Überprüfen, wie die Daten des smarten Arbeitsmittels mit weiteren Plattformen und vergleichbaren Netzen verbunden sind und welche weitergehende Kommunikation, weiteren Anwendungen und Prozesse in diesem Zusammenhang erfolgen (Cybersicherheit).
- Vor dem Kauf von verketteten Maschinen und Arbeitsmitteln im Kaufvertrag regeln, wer für die Konformität der Gesamtanlage verantwortlich ist und welche Richtlinien zur Anwendung kommen.
- Ein Verfahren festlegen, wie die erforderliche Zertifizierung (Konformitätserklärung) realisiert werden kann.
- Festlegen, welche Bereiche der Zertifizierung durch die verketteten Arbeitsmittel selbst automatisch erfolgen können und inwieweit und für welche Module, Teile und Arbeitsmittel Personen die Zertifizierung übernehmen müssen.
- Überprüfen, ob die Zertifizierung vollständig ist und ob die erforderlichen Unterlagen vollständig erstellt werden können (zum Beispiel Risikobeurteilung, Konformitätserklärung der Gesamtanlage, CE-Zeichen, Betriebsanleitungen, technische Unterlagen wie Schaltpläne). Auch festlegen, wie die erforderlichen Unterlagen dokumentiert werden sollen (durch Personen oder automatisch durch die Arbeitsmittel).
- Bei der Planung und Beschaffung Betriebssicherheit, psychische/physische Belastungen der Beschäftigten und Datensicherheit/-schutz berücksichtigen (zum Beispiel Anforderungen des Schutzkonzeptes im Lastenheft¹¹ definieren).
- Bei der Einrichtung von mit 4.0-Technologien verketteten Arbeitsmittel die Fachkraft für Arbeitssicherheit und den Datenschutzbeauftragten einbeziehen.
- Die Erfahrungen der Führungskräfte und Beschäftigten bei der Planung der mit 4.0-Technologien verketteten Arbeitsmittel berücksichtigen.

- Die Führungskräfte und Beschäftigten über die Funktionen und die Bedienung der verketteten Arbeitsmittel mit 4.0-Technologien informieren, einweisen und trainieren.

Gestaltung der Verkettung von Arbeitsmitteln

- Überprüfen, welche (4.0-Technologie-) Schnittstellen die Arbeitsmittel besitzen und wie diese untereinander kommunizieren können.
- Festlegen, welche Schnittstelle es zwischen den Arbeitsmitteln geben soll.
- Festlegen, wie die Koordination zwischen beziehungsweise die (Teil-) Steuerung der Arbeitsmittel über das Steuerungssystem (CPS) erfolgen soll – zum Beispiel Vollständigkeit der Aufgabeninhalte, Prozessstrukturen, Ablaufsequenzen, benötigte Operationen für den Ablauf, Übergabesituationen, angemessene und ausreichende Information der Bedienpersonen.
- Festlegen, in welchem Prozess die verketteten Arbeitsmittel zusammenarbeiten beziehungsweise welche Prozesse integriert werden sollen – zum Beispiel Materialfluss, Fertigungsschritte, Informationsfluss.
- Analysieren, was bei der Verbindung von mehreren Steuerungssystemen (CPS) zu beachten ist – (zum Beispiel, welche [Einzel-]CPS der einzelnen Arbeitsmittel benötigt werden, Orientierung dieser CPS zueinander, Verbindung zu anderen Steuerungssystemen im Betrieb wie Materialorganisation, Logistik, Kunden, Betriebssicherheit).
- Prüffintervalle und -umfänge sowie Qualifikation des Prüfpersonals festlegen.
- Vorgehensweise festlegen, wie bei der Ermittlung einer Störungsursache vorgegangen wird. Sicherstellen, dass Störungen und deren Ursachen protokolliert und ausgewertet werden können. Überprüfen, ob dies über die Datenprofile der Arbeitsmittel automatisch erfolgen kann.

Umgang mit Daten

- Überprüfen, welche Arbeitsmittel welche Daten erheben und verarbeiten, wie Arbeitsmittel verknüpft werden können und welche Möglichkeiten für

die Arbeitsprozesse in dieser Verkettung liegen.

- Überprüfen, welche Daten in welchem Format die Arbeitsmittel bereits erheben.
- Festlegen beziehungsweise überprüfen, wo die Daten gespeichert sind und das Steuerungssystem (CPS) agieren soll – zum Beispiel durch eine Lösung innerhalb der Arbeitsmittel (imbedded), auf der Cloud des Betriebes, eines Dienstleisters oder Herstellers. *➤ Siehe Umsetzungshilfe 2.5.1 Anforderungen an eine Cloud.*
- Festlegen, welche Qualität der Daten erforderlich ist, um sichere und verlässliche Verbindungen und Prozesse zwischen den Arbeitsmitteln zu garantieren – zum Beispiel Erhebung und Verarbeitung aller Daten, die für die Verkettung und (Teil-)Steuerung erforderlich sind, keine fehlerhaften Rückmeldungen. *➤ Siehe Umsetzungshilfe 2.3.3 Datenqualität in 4.0-Prozessen.*
- Die Datensicherheit sicherstellen, um keine unberechtigten Eingriffe auf die Daten und die Abläufe zu ermöglichen. *➤ Siehe Umsetzungshilfe 2.3.1 Datensicherheit in 4.0-Prozessen.*
- Mit Herstellern/Dienstleistern die Zugriffsrechte auf die Daten festlegen.
- Überprüfen, ob die verketteten Arbeitsmittel personenbezogene Daten erheben – zum Beispiel der Bediener, des Wartungspersonals), wie diese Daten für wirkungsvolle Arbeitsprozesse genutzt werden können und wie die Schnittstellen zwischen Mensch und Arbeitsmittel gestaltet sind.
- Werden personenbezogene Daten von den verketteten Arbeitsmitteln erhoben, den Umgang mit diesen Daten mit den Betroffenen und der Interessenvertretung vereinbaren. *➤ Siehe Umsetzungshilfe 2.3.2 Datenschutz in 4.0-Prozessen.*
- Überprüfen, ob noch weitere Daten von den Arbeitsmitteln erhoben werden sollen, um sie in dem (Teil-)Steuerungsprozess der verketteten Arbeitsmittel nutzen zu können (zum Beispiel Daten zum Fertigungsprozess selbst, zu Bedienpersonen, zur Qualitätssicherung, zur Sicherheit). Ist das der Fall, festlegen, wie dies realisiert werden kann (zum Beispiel Einbau weiterer Sensoren und Aktoren).

¹¹ Das Lastenheft für die Software wird in der Regel vom Auftraggeber verfasst, das Pflichtenheft vom Auftragnehmer. Das Pflichtenheft wird mit dem Auftraggeber abgestimmt. Auftraggeber und Auftragnehmer berücksichtigen dabei auch, in welche Richtungen die Software weiterlernt.

Betriebssicherheit und funktionale Sicherheit (in Bezug auf CE-Konformität)

- Analysieren, welche Gefährdungen für Personen infolge des Zusammenwirkens der einzelnen Arbeitsmittel mit 4.0-Technologien entstehen können. Gegebenenfalls Schutzmaßnahmen und Sicherheitsvorkehrungen, die beim Bedienen und bei Instandhaltungsarbeiten notwendig sind, sowie Fristen für die Wirksamkeitsüberprüfung festlegen (Gefährdungsbeurteilung). ▶ Siehe Umsetzungshilfen 2.2.2 Gefährdungsbeurteilung 4.0; 3.1.1 Betriebssicherheit der CPS.
- Untersuchen, in welchen Betriebszuständen welche Personengruppen welche Tätigkeiten mit den verketteten Arbeitsmitteln auszuführen haben und wie diese Mensch-Arbeitsmittel-Schnittstelle gestaltet wird, damit keine Gefährdungen entstehen können.¹²
- Festlegen, wie die verketteten Arbeitsmittel mit 4.0-Technologien ergonomisch aufgestellt und eingerichtet werden (zum Beispiel erforderliche Kennzeichnungen, Warnsignale, ergonomische Anzeigen, gute Erreichbarkeit, keine Zwangshaltung beim Umgang mit dem Arbeitsmittel, geeignete Platzierung von unter Druck stehenden Arbeitsmitteln).
- Sicherstellen, dass die Steuerung verketteter Arbeitsmittel mit 4.0-Technologien nicht durch elektromagnetische Wechselwirkungen zwischen Arbeitsmitteln gestört werden kann.
- Festlegen, wie beteiligte Personen in die verketteten Arbeitsmittel eingreifen und intervenieren können (zum Beispiel Not-Aus-Funktion bei Störungen, Unfällen, Interventionsmöglichkeiten bei Über-/Unterforderung des Bedieners, bei fehlenden Informationen).
- Festlegen, wie Dritte (zum Beispiel Hersteller, Dienstleister) in die verketteten Arbeitsmittel eingreifen können.
- Die Arbeitsaufgaben, die Abläufe und die Schutzmaßnahmen beim Umgang mit den mit 4.0-Technologien verketteten Arbeitsmitteln festlegen und beschreiben (zum Beispiel in einer Betriebsanweisung, Arbeitsanweisung).
- Die Beschäftigten im sicheren und gesundheitsgerechten Umgang mit den mit 4.0-Technologien verketteten Arbeitsmitteln unterweisen.
- Zugänge in Gefahrenbereiche zum Beispiel mit Sensoren und Aktoren sichern.

Quellen und weitere Informationsmöglichkeiten:

- BG ETEM – Berufsgenossenschaft Energie, Textil, Elektro, Medienerzeugnisse (o. J.). *Voraussetzungen für das Inverkehrbringen von Maschinen in den Europäischen Wirtschaftsraum*. Köln: BG ETEM. http://dp.bgetem.de/pages/service/download/medien/BG_413_DP.pdf. Zugegriffen: 31.08.2018.
- BGHM – Berufsgenossenschaft Holz und Metall (2013): *Verkettete Anlagen*. Informati-on 07/2013. Mainz: BGHM.
- BG Metall Nord-Süd (2005). *Verkettete Anlagen*. Der Betriebsleiter (3), S. 5.
- BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2011). *Interpretationspapier zum Thema „Gesamtheit von Maschinen“*. GMBI, Nr. 12 05/2011, Berlin.
- DIN EN ISO 11161. (2010). *Sicherheit von Maschinen – Integrierte Fertigungssysteme – Grundlegende Anforderungen*. Berlin: Beuth Verlag.
- Hoppe, G. (2014). High-Performance Automation verbindet IT und Produktion. In T. Bauernhansl, M. ten Hompel, & B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produktion- Automatisierung und Logistik* (S. 249–275). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Kring, F. (2018). *Konformitätserklärung und CE-Kennzeichnung von verketteten Maschinen*. <https://www.weka-manager-ce.de/>
- KONFORMITÄTSERKLAERUNG/KONFORMITÄTSERKLAERUNG-CE-KENNZEICHNUNG-VERKETTETE-MASCHINEN/. Zugegriffen: 12.08.2018.
- TRBS 1151 – Technische Regeln für Betriebssicherheit. (2015). *Gefährdungen an der Schnittstelle Mensch – Arbeitsmittel – Ergonomische und menschliche Faktoren, Arbeitssystem*. Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
- Technologie-Initiative SmartFactory KL e.V. (Hrsg.). (2018). *Safety an modularen Maschinen*. Whitepaper SF-3.1: 04/2018, Kaiserslautern.

Zu diesem Thema könnten Sie auch folgende weitere Umsetzungshilfen interessieren:

- 2.1.4 4.0-Prozesse und agiles kooperatives Change Management
- 2.2.2 Gefährdungsbeurteilung 4.0
- 2.3.1 Datensicherheit in 4.0-Prozessen
- 2.3.2 Datenschutz in 4.0-Prozessen
- 2.3.3 Datenqualität in 4.0-Prozessen
- 2.5.1 Anforderungen an eine Cloud
- 3.1.1 Betriebssicherheit der CPS

¹² u. a. nach DIN EN ISO 11161:2010-10 und TRBS 1151



**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