

Autoren:

Cornelia Schöneich-Kühn, Martin Prüße, Dr. Christoph Hecker, Berthold Heinke,
Dr. Matthias Umbreit

Industrie und Arbeiten 4.0

Neue Herausforderungen und Chancen für die Prävention

„Abstract“

Die Interaktion von virtuellen und realen Produktions- und Logistikprozessen auf der Basis sogenannter cyber-physischer Systeme wird die vierte industrielle Revolution kennzeichnen. Dabei arbeiten Beschäftigte zunehmend mit „intelligenten“ Maschinen zusammen. Das stellt die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz vor neue Herausforderungen. Ausgewählte, grundsätzliche Themen beschäftigen Präventionsfachleute bereits heute. Die Prinzipien bewährter Präventionskonzepte müssen und können, wie erste Modelle und Szenarien zeigen, auf eine „Industrie 4.0“ übertragen werden.

Industriepolitische Rahmenbedingungen

„Die vierte industrielle Revolution gemeinsam gestalten“ - mit dieser Zielsetzung startete auf der Hannover Messe am 14. April 2015 die erweiterte „Plattform Industrie 4.0“. Unter der Leitung von Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel, Bundesforschungsministerin Johanna Wanka sowie Spitzenvertreterinnen und -vertretern von Industrie, Industrieverbänden sowie der Industriegewerkschaft Metall und der Fraunhofer-Gesellschaft soll diese Plattform die Chancen einer Digitalisierung der Wirtschaft durch Initiativen und Aktivitäten wichtiger Akteure aus Politik, Industrie und Gesellschaft im internationalen Wettbewerb profilieren und fördern.

Das Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) benennt dabei explizit auch den Bedarf des frühzeitigen Aufgreifens von Fragen des Datenschutzes, der

Arbeitsorganisation und Arbeitsplatzgestaltung, des Arbeitsschutzes sowie der Qualifizierung von Fachkräften bei „Industrie 4.0“. Eine Ressortbeteiligung des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) soll sicherstellen, dass die Gestaltung der Rahmenbedingungen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit als wesentlicher Aspekt ausreichend Berücksichtigung findet. Der vom BMAS am 22. April 2015 gestartete Dialog „Arbeiten 4.0“ fördert als Leitbild eine breite gesellschaftliche Diskussion zu Perspektiven, Risiken und Gestaltungschancen einer Arbeitswelt in der vierten industriellen Revolution (Industrie 4.0) [1].

Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), ihre Fachbereiche sowie die Unfallversicherungsträger fördern diese Diskussion und bringen dazu einschlägige Fragestellungen und Lösungsempfehlungen in Präventionsleistungen, -paradigmen und -szenarien ein.

Diese Rahmenbedingungen belegen das große Interesse der oben genannten politischen und gesellschaftlichen Handelnden, die Gestaltung der als „vierte industrielle Revolution“ bezeichneten Entwicklungen in Deutschland strategisch zu fördern und zu unterstützen.

„Industrie 4.0“ und „Arbeiten 4.0“

Die vierte industrielle Revolution wird durch eine zunehmende Interaktion von virtuellen und realen Produktions- und Logistikprozessen auf der Basis sogenannter cyber-physischer Systeme gekennzeichnet sein. Wesentliche Bestandteile einer Fabrik der Zukunft sind intelligente Produktionsmittel bzw. Maschinen, die selbstständig fertigen, transportieren und diese Prozesse zudem eigenständig planen, koordinieren und reflektieren. Diese technologische Vision ist bereits heute in Ansätzen zu erkennen. In Zukunft sollen auch Reparatur- und Instandhaltungsprozesse dieser „maschinellen Autonomie“ unterliegen. Hierfür kommunizieren die verschiedenen Teile einer Produktionsanlage untereinander autark sowie standortunabhängig und nutzen dazu unter anderem das Internet. Die

fortschreitende Digitalisierung von Logistik und Produktion sowie die Integration moderner Informations- und Kommunikationstechnik werden derzeitigen Szenarien zufolge maßgeschneiderte Produkte nach individuellen Kundenwünschen in Echtzeit ermöglichen.

„Arbeiten 4.0“ entwirft Szenarien von Arbeitsformen und -verhältnissen der künftigen Arbeitswelt. Sie wird von Vernetzung, Digitalisierung, Flexibilisierung und einer zunehmenden Kooperation von Mensch und Maschine gekennzeichnet sein.

Chancen und Herausforderungen für die Prävention

Im Kontext der vierten industriellen Revolution werden derzeit neue technologische Optionen für Produktionssysteme entwickelt. Arbeitsschutzfachleute diskutieren dabei die Chancen und Herausforderungen, die sich daraus für die Prävention ergeben. Bei den Beratungen zur Novelle der Betriebssicherheitsverordnung im Bundesrat Ende 2014 [2] wurde zu künftigen Produktionsprozessen festgestellt, dass im Zuge der technischen Entwicklung eine Unterscheidung zwischen Arbeitsplatz, Arbeitsmittel und Anlage nicht mehr zeitgemäß sei. Bisher zentrale Steuerungen wandeln sich vermehrt zu dezentralen Selbstorganisationen. Grundlage und Voraussetzung hierfür ist die Fähigkeit von Menschen und Maschinen, in Arbeitssystemen miteinander vorausschauend zu kommunizieren, Informationen und Handlungsanforderungen auszutauschen und entsprechend tätig zu werden. Die Fachleute aus dem Präventionsbereich müssen Antworten auf eine Vielzahl von Fragestellungen zu Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in den sogenannten cyber-physischen Systemen finden: Von der Schnittstellengestaltung, Technologiewahl, Aufgabenteilung, bis hin zu neuen Schutzkonzepten, der Vermeidung von Manipulationen, Aufmerksamkeitssteuerung sowie neu entstehende Formen der Monotonie bei Arbeitsprozessen.

Einige der bereits jetzt absehbaren Kernthemen sind nachstehend aufgelistet.

- Für eine wirksame Prävention im Kontext cyber-physischer Systeme muss grundsätzlich gewährleistet sein, dass sich selbstständig optimierende, konfigurierende und vernetzende Maschinen auch weiterhin sicherheitsgerecht „verhalten“.
- Vernetzte Produktionssysteme kommunizieren virtuell und über IT-Systeme und –Netzwerke. Um diese vor Hackerangriffen zu schützen, besitzt die Informationssicherheit eine hohe Bedeutung.
- Die virtuelle und reale Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine wird weiter forciert. Die ganzheitliche Gestaltung dieser Schnittstellen unter den Gesichtspunkten des Arbeitsschutzes ist die Hauptaufgabe einer wirksamen Prävention. Die Art und Intensität physischer und psychischer Belastungen von Beschäftigten in diesen Produktionssystemen wird sich verändern. In Abhängigkeit von den Arbeitsaufgaben und der Rolle der Beschäftigten ist eine stärkere Polarisierung der Beanspruchung, im Sinne von Überforderung oder Unterforderung möglich. Dafür bedarf es adäquater Präventionsmaßnahmen.

Ausgewählte Fragestellungen der Prävention:

„Safety“ und „Security“ in der „Industrie 4.0“

Die Sicherheit von Produktionssystemen ist eine zentrale Voraussetzung für den Erfolg der vierten industriellen Revolution. Der Begriff „Sicherheit“ bezieht sich hier nicht nur auf den aus Richtlinien und Normen zur Maschinen- und Anlagensicherheit bekannten Terminus „Safety“. Ebenso wird mit dem Terminus „Security“ auch das Gebiet der IT-Sicherheit mit einbezogen. Die aktuelle Fassung der europäischen Maschinenrichtlinie sowie deren zugehörige harmonisierte Normen behandeln den Begriff „Security“ allerdings nicht.

Bisher war die getrennte Betrachtung der beiden Felder „Safety“ und „Security“ wenig problematisch, da mit Einzug der Automatisierungstechnik zwar Maschinen und

Anlagen mit programmierbaren Systemen ausgerüstet wurden, eine Verknüpfung untereinander aber nur sukzessiv erfolgte. Die Dynamik der Vernetzung einzelner Maschinen oder kompletter Fertigungsstraßen durch das Internet hat jedoch in den vergangenen Jahren zugenommen. Die wachsende Anzahl von Verbindungen, die Komplexität eines Netzwerkes und die Integration unterschiedlicher Technologien erhöhen auch die Manipulationsmöglichkeiten von außen. Dies macht u. a. die Beantwortung folgender Fragestellungen erforderlich:

- Wie werden Produktionssysteme gegen ungewollte (Hacker-)Angriffe von außen geschützt?
- Ist eine getrennte Betrachtung der Bereiche ‚Safety‘ und ‚Security‘ noch sinnvoll?

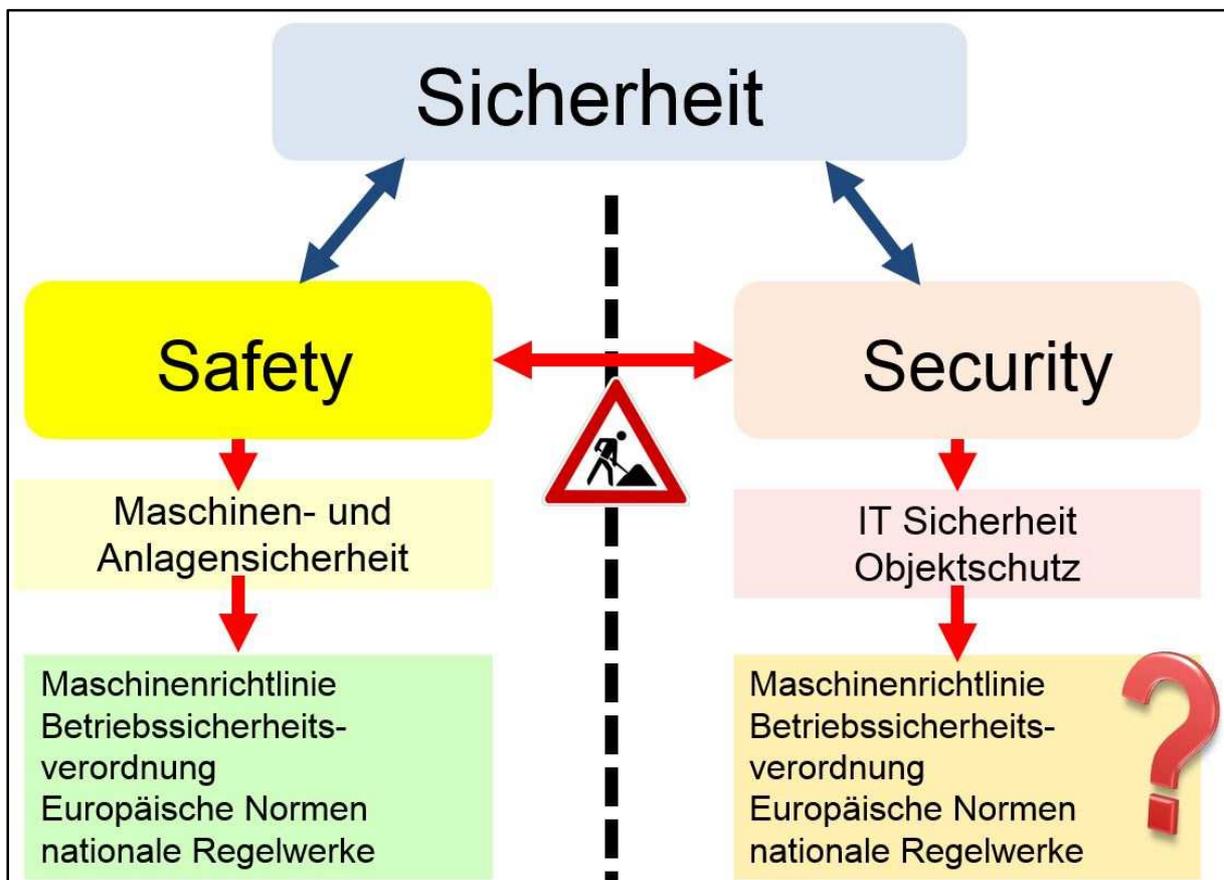


Abbildung 1: Sicherstellung von „Safety“ und „Security“ als Voraussetzung für „Industrie 4.0“.

Kriminelle Angriffe auf Infrastruktur-Steuerungssysteme legen nahe, dass auch Manipulationen von Industriesteuerungen immer wahrscheinlicher werden. Hacker beschränken sich nicht mehr auf Kreditkarten- oder Kontobetrug, sondern streben auch die Kontrolle über komplexe Industrieanlagen an. Eine gleichzeitige Betrachtung von ‚Safety‘ und ‚Security‘ ist daher schon heute dringend erforderlich – insbesondere auch im Hinblick auf die künftige Entwicklung von Maschinen- und Anlagensteuerungen. Schon einfache organisatorische Maßnahmen können verhindern, dass z. B. Computerviren über USB-Sticks von Beschäftigten in das IT-System eindringen und es infizieren. Mögliche Auswirkungen können komplette Produktionsausfälle oder der Diebstahl von Produktions- oder Prozessdaten sein. Andererseits kann Schadsoftware im System auch massive Auswirkungen auf die Maschinensicherheit und den Arbeitsschutz haben. Veränderungen der Maschinenparameter können möglicherweise Sicherheitseinrichtungen des Personenschutzes betreffen. Bestehende Sicherheitsfunktionen könnten manipuliert werden und eine erhebliche Gefährdung von Beschäftigten verursachen.

Die Defizite einer fehlenden „Security“-Betrachtung vernetzter Industrieanlagen sind jedoch nicht mit einschlägigen, aus Bürocomputernetzwerken bekannten, Werkzeugen beherrschbar. So sind die Betriebssysteme der programmierbaren Steuerungen sehr heterogen. Industriesteuerungen besitzen beispielsweise bisher zumeist keine Virenschutzprogramme.

Zunahme von Intelligenz in der Sensorik, Logik und Aktorik ermöglicht Einfluss auf Anlagensteuerungen

- **gewollt** (Anpassungen an Fertigungsprozess, Fehlerbeseitigung usw.)
- **ungewollt** (Angriffe durch Hacker, Viren, Trojaner usw.)



Abbildung 2: Schließen der Sicherheitslücke bei Anwendungen der „Industrie 4.0“.

Die IT-Sicherheit (Security) bzw. Cybersicherheit wird so zu einem zentralen Thema der Maschinen- und Anlagensicherheit. Das Bewusstsein für Angriffs- und Manipulationsmöglichkeiten insbesondere von Maschinensteuerungen muss weiter geschärft werden. Ziel sollte ein gemeinsames „Security-Safety-Management“ mit entsprechenden Standards für Office- und Automatisierungsanwendungen sein.

Automation und Robotik in „Industrie 4.0“

Die bereits beschriebene technologische Weiterentwicklung, die sich mit der „Industrie 4.0“ verbindet, beinhaltet ebenfalls neue Dimensionen des Einsatzes von Automationstechnologien im Bereich der Produktion. Hier kommt der Robotik eine zentrale Rolle zu: Roboteranlagen werden häufiger in der Produktion eingesetzt und künftig durch neue Technologien ergänzt. Hierzu zählen beispielsweise auch kollaborierende Robotersysteme, bei denen Roboter und Mensch im Arbeitsprozess eng zusammenarbeiten.

Der Einsatz kollaborierender Robotersysteme schafft aus Sicht des Arbeitsschutzes neue Chancen für die Prävention – beinhaltet aber auch die Notwendigkeit, Schutzkonzepte weiterzuentwickeln.

Der Einsatz kollaborierender Robotersysteme kann helfen, ergonomische Herausforderungen, wie z. B. Überkopfarbeiten, Zwangshaltungen, repetitive Tätigkeiten oder abwechslungsarme Tätigkeiten bei gleichzeitiger Flexibilitäts- und Wirtschaftlichkeitssteigerung zu bewältigen. Die aktuellen und zu erwartenden Anforderungen an die Gestaltung alternsgerechter Arbeitsplätze und der aus der demografischen Entwicklung resultierende Fachkräftemangel werden den zunehmenden Einsatz der Systeme forcieren. Manuelle Tätigkeiten mit geringem Gefährdungspotenzial eignen sich zumeist eher für eine Mensch-Roboter-Kollaboration als die Handhabung schwerer Teile mit großen Geschwindigkeiten.

Zum anderen müssen auch diese neuen kollaborierenden Robotersysteme den Anforderungen der Arbeitssicherheit entsprechen. Hier gelten durch die Europäische Maschinenrichtlinie und ihr zugeordneter Normen klare Standards, die von Herstellern und Inverkehrbringern einzuhalten sind. Arbeiten Menschen in der Nähe von Robotern, darf es nicht zu Verletzungen oder Gesundheitsgefahren kommen. Der Fachbereich Holz und Metall der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) hat deshalb Forschungen zu biomechanischen Grenzwerten bei der Mensch-Roboter-Kollaboration durchgeführt, deren Ergebnisse bereits erfolgreich in der Praxis angewendet werden. Auch die internationale Normungsorganisation (ISO) übernimmt unter Mitwirkung von Vertretern des DGUV Fachbereichs Holz und Metall diese Handlungsanleitungen in das internationale Normenwerk.

Herausforderung „human factors“

Neben der Automation und Robotik muss auch der „Faktor Mensch“ beim künftigen prospektiven Design von Cyber-Physischen-Systemen (CPS) berücksichtigt werden. Die sogenannten „human factors/ergonomics“ – also Faktoren beim

Zusammenwirken von Mensch und Maschine – nehmen daher künftig einen höheren Stellenwert ein. Neben der Gewährleistung von „Safety“ und „Security“ in Anwendungen der „Industrie 4.0“ hängt die Sicherheit von Prozessen zunehmend von der Fachkompetenz und einer besseren Vernetzung von „Planenden“ und „Anwendenden“ ab. Die optimale Nutzung der Digitalisierung und Vernetzung im Kontext der Vielzahl von Prozess- und Strukturgestaltungsvarianten bedarf der zwingenden fachkundlichen Anwendung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse von allen maßgeblich Beteiligten. Eine gute ergonomische Gestaltung physischer Vorgänge, Handhabungsanteile und Arbeitsaufgaben sowie die damit verbundenen Einflussmöglichkeiten sind wesentliche Determinanten von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten in Cyber-Physischen-Systemen.

Folgende Themen und Fragestellungen spielen dabei eine Rolle:

- Die Qualität und Quantität verfügbarer Informationen aus Prozessen beeinflussen Sicherheit und Gesundheit wesentlich, da die Rolle einzelner Führungskräfte als originäre Informationsquelle der einzelnen Beschäftigten aufgrund fehlender direkter Kommunikation geschwächt wird. Dazu zählt z. B. die sicherheitsgerechte Termin-Zeit-Planung in Kombination mit technischen Arbeitsmitteln, eine Fahrzeugausstattung mit intelligenten Fahrerassistenzsystemen oder auch die Verfügbarkeit von Informationen und Medien bei der bedienenden Person.
- Die Veränderungen von Arbeitsanforderungen - z. B. durch die Einführung von Assistenzfunktionen - beinhalten die Gefahr einer Fehlbeanspruchung der Beschäftigten. Bei einer Unter- oder Überforderung sowie der reinen Beobachtung von Produktionsprozessen neigen Menschen zu manipulierenden Eingriffen. Wie können in diesem Kontext Beschäftigte Handlungskompetenzen erhalten und entwickeln, um im Regel- und Ausnahmebetrieb sowie im Störfall ungefährdet und richtig zu agieren?

- Sicherheitsgerechtes Verhalten in cyber-physischen Systemen macht eine Modifikation verhaltensbasierter Präventionskonzepte notwendig. Die direkte, persönliche Kontrolle des Verhaltens von Beschäftigten durch Führungskräfte verliert mangels Möglichkeiten an Bedeutung. Stattdessen wird bei der Auswahl oder Weiterbildung von Beschäftigten deren Eignung, Eigenverantwortung und vorausschauende Kompetenzbildung eine größere Rolle spielen.

Weiterentwicklung bewährter Präventionsansätze

Im Kontext der vierten industriellen Revolution bieten Produktionssysteme viele erkennbare Chancen für eine Verbesserung von Arbeitsbedingungen. Diese stellen die Prävention gleichzeitig vor Herausforderungen. Die Sicherheit und Gesundheit von Beschäftigten können in der „Industrie 4.0“ wirksam geschützt werden, wenn das Prinzip der Hierarchie von Schutzmaßnahmen darauf übertragen wird. Bereits heute existieren Präventionskonzepte für nicht-stationäre Arbeitsplätze ohne direkten Zugriff der Führungskräfte auf die Beschäftigten und deren Arbeitsablauf. Zwar finden diese Konzepte vorwiegend im Dienstleistungsbereich Anwendung, können aber für industrielle Arbeitsplätze angepasst werden.

Entwicklungs- und Engineering-Prozesse gewinnen für den Arbeitsschutz weiter an Bedeutung. Werden in Entwicklungsabteilungen sicherheitsrelevante Aspekte übersehen, resultieren daraus unkalkulierbare Risiken für Personal in der Produktion. Da die Handelnden und Systeme virtuell über den Computer interagieren, muss ein funktionierender Arbeitsschutz prognostisch, prospektiv und präventiv im Wortsinn konzipiert sein. So lassen sich in digitalen Produktionswelten Unfälle wirksam vermeiden.

Ebenso ändert sich der Einfluss des individuellen Verhaltens auf Unfälle und Gesundheitsgefahren. Ob und wie individuelle Verhaltensentscheidungen sicherheits- und gesundheitsgerecht getroffen werden können, wird zur zentralen Arbeitsgestaltungsaufgabe in Unternehmen im Hinblick auf Compliance und der

Kompetenz der Beschäftigten. Die prioritäre Verhältnisprävention determiniert, welche Technologieoptionen die Autonomie und Handlungskompetenz der Beschäftigten bewahren oder gar erhöhen. Gleiches gilt für Maßnahmen der qualitativen Anreicherung der Arbeit, interessante Arbeitszusammenhänge, Eigenverantwortung und Selbstentfaltung der Beschäftigten.

Andererseits ergeben sich Gefahren für den Erhalt und die Sicherung des Arbeitsvermögens der Beschäftigten. Vor allem die Flexibilisierung und Intensivierung der Arbeit, Überforderung, der Verlust von Handlungskompetenz oder die Entfremdung von der eigenen Tätigkeit beinhalten Gesundheitsgefahren für die Beschäftigten. Unter Umständen kommt es vor, dass ganze Beschäftigtengruppen beim technischen Wandel nicht Schritt halten können. Daraus ergibt sich ein großes Handlungsfeld für den betrieblichen Gesundheitsschutz. Er muss den technischen Wandel präventiv und vorausschauend begleiten, damit sich für alle Beschäftigten mehr Verbesserungen als Risiken ergeben [3].

Weiterhin bedingt die „Industrie 4.0“ neue Qualifikationsanforderungen für Beschäftigte, wie z. B. bei Problemlösungen, der Sprach- und IT-Kompetenz, Lernfähigkeit und beim Umgang mit virtuellen Arbeitsräumen. Hierzu existieren bereits Lösungsansätze. Das Projekt ELIAS „Engineering und Mainstreaming lernförderlicher industrieller Arbeitssysteme für die Industrie 4.0“ [4] erforscht den Wandel von Qualifikationsanforderungen, die Industrie 4.0-Anwendungen mit sich bringen.

Folgende zukünftige Aktionsfelder der Prävention in „Industrie 4.0“ bzw. für Cyber-Physikalische-Systeme (CPS) lassen sich ableiten:

- Fachkräfte der Entwicklung und Planung müssen Beurteilungs- und Bewertungsmethoden nutzen können, um beim Design von Produktionssystemen

und -prozessen prospektive Risikobeurteilungen für alle Lebensphasen eines Produktionssystems bzw. -prozesses vorzunehmen.

- Fragen der Haftung ggf. auch bei sich selbstständig vernetzenden, optimierenden und konfigurierenden Maschinen sind zu klären. Ebenso sind ggf. Ergänzungen zum Leitfaden der EU-Kommission für die Anwendung der EG Maschinenrichtlinie 2006/42/EG (Juni 2010) für Anwendungen Industrie 4.0 notwendig.
- Entwicklung von Mindeststandards für Sicherheit und Gesundheit bei Industrie 4.0-Anwendungen, z. B. hinsichtlich direkter Eingriffsmöglichkeiten in CPS.
- Beschäftigte müssen relevante Elemente der Arbeitssysteme verstehen können. Das beinhaltet geeignete Informationen zum Erkennen von Gefährdungen sowie die Unterweisung für Schutzmaßnahmen.
- CPS müssen so gestaltet sein, dass Beschäftigte ausreichend gefordert sind bzw. zusätzliche Anforderungen erhalten, um ein notwendiges Aufmerksamkeitsniveau und Reaktionsvermögen aufrechtzuerhalten.
- Fernen müssen CPS so gestaltet sein, dass die Arbeitsgestaltung für Beschäftigte dem ArbSchG entspricht.
- Möglichst alle Beschäftigten sollen in CPS ihre Handlungskompetenzen weiterentwickeln können.

Stärkere Vernetzung notwendig

Die technologischen Entwicklungen, die sich mit der „Industrie 4.0“ verbinden, erfordern eine stärkere Vernetzung der Fachleute aus der Arbeitsplanung und der Prävention. Fachkräfte aus der Produktionsentwicklung, Produktions- und Arbeitsplanung, der Arbeitsvorbereitung, dem Industrial Engineering sowie aus der IT

sollten stärker mit Präventionsfachleuten zusammenarbeiten. Große Unternehmen der Automobilindustrie und -zulieferung praktizieren das bereits erfolgreich im Rahmen konzernweiter Ergonomie-Strategien. Die Vernetzung dieser Fachszenen ist beispielsweise das Ziel der Fachtagungen „Arbeitsplanung und Prävention“. Die 4. Veranstaltung dieser Fachtagungsreihe fand am 18. Dezember 2014 im Mainzer Hauptsitz der Berufsgenossenschaft Holz und Metall statt. Die Ergebnisse sind unter www.dguv.de, Webcode dp91910 abrufbar.

Diese und weitere Fragestellungen werden zur Beratung und Entwicklung in den gestarteten und noch startenden Plattformen, Gremien und Arbeitskreisen zu „Industrie 4.0“ empfohlen. Der zuständige DGUV Fachbereich Organisation ist in seinem Sachgebiet „Neue Formen der Arbeit“ unter Mitwirkung von Vertreterinnen und Vertretern der Berufsgenossenschaft Holz und Metall damit befasst, diese Themen aufzugreifen und Handlungsempfehlungen mit den betroffenen Fachkreisen abzustimmen.

Veröffentlichung

Erschienen im Oktober 2015 im Sonderheft Innovation & Forschung 2015/2016 der Zeitschrift für betriebliche Prävention und Unfallversicherung (BPUVZ).

Kontakt

Sollten Sie als Medienvertreterin oder -vertreter auf Autorensuche für Fachartikel oder Themen sein, kontaktieren Sie uns gerne per E-Mail an presse@bghm.de.

Fußnoten

[1] Am 22. April 2015 haben die Vertreterinnen und Vertreter des BMAS bei der Auftaktveranstaltung des bis Ende 2016 laufenden Dialogprozesses „Arbeiten 4.0“ ein Grünbuch „Arbeit 4.0“ vorgestellt. Neben vielen Informationen zum benannten Dialogprozess kann auch das Grünbuch auf der Internetseite www.arbeitenviernull.de herunter geladen werden.

[2] Drucksache 400/1/14 - 928.Sitzung des Bundesrates - zur Änderung der „Betriebssicherheitsverordnung“.

[3] Vgl. Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft - Wissenschaft (Hrsg.): „Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0“; April 2014; S. 57ff.

[4] Homepage des ELIAS-Projekts: www.projekt-elias.de

Quellenangaben zu Bildern und Abbildungen

Bildquelle Abbildungen 1 und 2: BGHM.

Autorenangaben (in alphabetischer Abfolge)

Dr. Christoph Hecker

Leiter der Hauptabteilung Sicherheit und Gesundheit bei der BGHM

Leiter DGUV Fachbereich Holz und Metall

Berthold Heinke

Sachgebietsleiter in der Abteilung Holz und Metall 2 bei der BGHM

Schwerpunkte: Elektrotechnik, elektrische/elektronische Steuerungen, elektrische Ausrüstung von Maschinen

Leiter der Prüf- und Zertifizierungsstelle Hebezeuge, Sicherheitskomponenten und Maschinen im DGUV Test

Martin Prüße

Diplom-Psychologe und BGHM-Aufsichtsperson

Fachreferent Psychologie der Gesundheit bei der BGHM

Schwerpunkte: Gefährdungsbeurteilung Psychische Belastung,

Verhaltenssteuerung/Führung, Industrie 4.0, Psychologische Notfallversorgung

Cornelia Schöneich-Kühn

Diplom-Psychologin und BGHM-Aufsichtsperson

Sachgebietsleiterin in der Abteilung Gesundheitsschutz

Themenschwerpunkte: Gesundheits- und sicherheitsgerechte Arbeits-, Struktur- und Prozessgestaltung

Dr. Matthias Umbreit

Leiter Abteilung Holz und Metall 1 bei der BGHM

Leiter Sachgebiet Maschinen, Anlagen, und Fertigungsautomation im DGUV

Fachbereich Holz und Metall