

## INTELLIGENTE DIGITALE ÜBERWACHUNGSSYSTEME FÜR SICHERHEIT UND GESUNDHEIT BEI DER ARBEIT: CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN

### Die Rolle digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Digitale Systeme und Technologien verändern die Arbeitswelt für Arbeitgeber:innen und Arbeitnehmer:innen gleichermaßen. Ihre Entstehung beeinflusst auch das Management und die Verbesserung der Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer:innen am Arbeitsplatz sowie die Art, den Ort und die Organisation der Arbeit.

Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit verwenden zunehmend digitale Technologien (IKT, Kameras, am Körper getragene Geräte („Wearables“), intelligente persönliche Schutzausrüstung (PSA), künstliche Intelligenz usw.), um Daten über Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit zu sammeln und zu analysieren.<sup>1</sup>

Diese neuen Arten digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit bieten ein breites Spektrum an Möglichkeiten für wesentliche Verbesserungen im Arbeitsschutzbereich, wie verstärkte Sensibilisierung der Beschäftigten für Sicherheit und Gesundheit, Verbesserung der Aufgabenzuweisung und Schichteinteilung, Vermeidung und Reduzierung von Unfällen, Steigerung des Wohlbefindens, Anpassung von Lösungen an spezifische Bedürfnisse, Verringerung von arbeitsbedingten Belastungen oder Verletzungen, Minimierung von Unfallfolgen und Kontrolle über Entscheidungen usw. Trotz ihrer zahlreichen bekannten und potenziellen Vorteile können neue Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit physische Gesundheits- und Sicherheitsrisiken, psychosoziale Risiken, eine unscharfe Aufteilung der Verantwortung im Arbeitsschutzbereich oder bestimmte Einschränkungen in Bezug auf Schulungen mit sich bringen oder diese verstärken.

An europäischen Arbeitsplätzen werden zunehmend digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit genutzt, insbesondere in Branchen, in denen Arbeitnehmer:innen aufgrund spezifischer (gefährlicher) Umgebungen höheren Arbeitsschutzrisiken ausgesetzt sind, ihre Einführung erfolgt jedoch insgesamt nach wie vor relativ schleppend und bleibt begrenzt.<sup>2</sup> Faktoren wie der Grad des technologischen Fortschritts und des digitalen Wandels, die Unternehmensgröße, Rechtsvorschriften und Normung in Bezug auf technologische Veränderungen und Auswirkungen auf Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit sowie organisatorische Faktoren beeinflussen die Einführung digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit.

Ungeachtet dieser zugrunde liegenden Bedingungen schränkt der Mangel an Nachweisen zur Nutzung und Wirksamkeit dieser Systeme und der Technologien, auf die sie sich stützen, die Arbeitgeber:innen ein, wenn es darum geht, fundierte Entscheidungen darüber zu treffen, ob und welche Systeme sie in ihrer Organisation zur Verbesserung der Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer:innen einsetzen können.

In diesem Kurzbericht werden einige der wichtigsten Chancen und Herausforderungen der neuen Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit erörtert und die wichtigsten Erkenntnisse für politische und andere Entscheidungsträger:innen dargelegt, um die Vorteile dieser Systeme zu maximieren und die potenziellen Nachteile ihrer Nutzung auf organisatorischer Ebene zu minimieren. Der Kurzbericht stützt sich auf Forschungsergebnisse aus einem Bericht der EU-OSHA über digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit.

<sup>1</sup> Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), *Intelligente digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Nutzen und Herausforderungen*, 2023, abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-uses-and-challenges>.

<sup>2</sup> Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, *Drivers and barriers to the adoption of new OSH monitoring systems*, 2023, o. D.

## Erkennung und Verhütung von Schäden (proaktiver Ansatz)

Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit können die Schadensverhütung durch die Erhebung genauer und umfassender Daten unterstützen, die analysiert und für Anpassungen am Arbeitsplatz verwendet werden können, um die Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer:innen zu verbessern – beispielsweise durch die Messung der Exposition gegenüber ergonomischen Gefahren und die Ermittlung von Gefahren im Zusammenhang mit Anlagen und Räumlichkeiten. Darüber hinaus können digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit Schäden verhindern, indem sie gefährliches Verhalten von Arbeitnehmer:innen erkennen und individuelle Schulungen unterstützen, um eine bessere Nutzung dieser Systeme zu ermöglichen. Sie können zudem Beeinträchtigungen von Gesundheit und Wohlbefinden bei einzelnen Personen erkennen und Online-Gefährdungsbeurteilungen und Ferninspektionen unterstützen. Die wichtigsten Arten von Chancen zur Verhütung von Schäden, die sich durch Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit am Arbeitsplatz und aus der Ferne ergeben, sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

**Tabelle 1. Arten von Chancen im Zusammenhang mit der Nutzung digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit**

Arten von Chancen	Kurzbeschreibung des potenziellen Nutzens	Beispiele für Systeme und Technologien zur Überwachung von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
Messung von individuellen oder kollektiven schädlichen Expositionen und Umweltwerten	Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit können die <b>Schadensverhütung unterstützen durch die Messung von routinemäßiger und nicht routinemäßiger schädlicher individueller und kollektiver Exposition von Arbeitnehmer:innen</b> , auch aus der Ferne (in Wirtschaftszweigen wie Bergbau, Tunnelbau und Chemieanlagen).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wearables und intelligente persönliche Schutzausrüstung (intelligente Brillen, Sicherheitshelm-Systeme, Armbänder und Schuhe sowie Schutzkleidung mit intelligenten elektronischen Bauteilen, die mit Smartphones und Smartwatches verbunden sind) oder Wärmebildkameras können individuelle <b>gefährliche Exposition in Echtzeit messen</b> (z. B. Gas<sup>3</sup>, Quecksilber<sup>4</sup>, UV-Strahlung<sup>5</sup>, hohe Hitzewerte<sup>6</sup>).</li> <li>Badges mit Sensoren, die mit dem Internet der Dinge (IoT) verbunden sind, können die Erfassung von <b>Strahlungswerten</b> ermöglichen, Arbeitnehmer:innen warnen und ihnen raten, einen bestimmten Bereich zu verlassen.</li> <li>Drahtlose Sensornetzwerke<sup>7</sup> und Drohnen<sup>8</sup> können <b>schädliche Umweltbedingungen</b> wie giftigen Staub in schlecht belüfteten Bereichen, explosive Gase, Leckstrahlung, Chemikalien und biologische Stoffe und hohe Luftfeuchtigkeit erkennen.<sup>9</sup></li> </ul>

<sup>3</sup> Binajaj, A., Sheltami, T., Aliyu, F. und Kaosar, M. (2018), „Design and implementation of a wearable gas sensor network for oil and gas industry workers“, *Journal of Computers*, Bd. 13, Nr. 3, S. 300-308. <https://doi.org/10.17706/jcp.13.3.300-308>

<sup>4</sup> Mattoli, V., Mazzolai, B., Raffa, V., Mondini, A. und Dario, P. (2007), „Design of a new real-time dosimeter to monitor personal exposure to elemental gaseous mercury“, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Bd. 123, Ausgabe 1, S. 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2006.08.004>

<sup>5</sup> Bongers, C. C., Hopman, M. T. und Eijsvogels, T. M. (2015), „Using an ingestible telemetric temperature pill to assess gastrointestinal temperatures during exercise“, *Journal of Visualized Experiments*, (104), Artikel 53258. <https://doi.org/10.3791%2F53258>

<sup>6</sup> Banerjee, S., Hoch, E. G., Kaplan, P. D. und Dumont, E. L. A. (2017), „A comparative study of wearable ultraviolet radiometers“, in: *2017 IEEE Life Sciences Conference (LSC)* (S. 9-12), IEEE. <https://doi.org/10.1109/LSC.2017.8268131>

<sup>7</sup> Cheung, W. F. et al. (2018), „A real-time construction safety monitoring system for hazardous gas integrating wireless sensor network and building information modeling technologies“, *Sensors*, Bd. 18, Ausgabe 2, Artikel 436. <https://doi.org/10.3390/s18020436>

<sup>8</sup> Burgués, J. und Marco, S. (2020), „Environmental chemical sensing using small drones: A review“, *Science of The Total Environment*, Bd. 748, Artikel 141172. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141172>

Hollenbeck, D., Zulevic, D. und Chen, Y. (2021), „Advanced leak detection and quantification of methane emissions using sUAS“, *Drones*, Bd. 5, Ausgabe 4, Artikel 117. <https://doi.org/10.3390/drones5040117>

<sup>9</sup> Bakke, B., Stewart, P., Ulvestad, B. und Eduard, W. (2001), „Dust and gas exposure in tunnel construction work“, *American Industrial Hygiene Association*, Bd. 62, Ausgabe 4, S. 457-465; <https://doi.org/10.1080/15298660108984647>

Muduli, L., Mishra, D. P. und Jana, P. K. (2018), „Application of wireless sensor network for environmental monitoring in underground coal mines: A systematic review“, *Journal of Network and Computer Applications*, Bd. 106, S. 48-67. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.12.022>

Arten von Chancen	Kurzbeschreibung des potenziellen Nutzens	Beispiele für Systeme und Technologien zur Überwachung von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
Messung der Exposition gegenüber ergonomischen Gefahren	<p>Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit können dazu beitragen, <b>arbeitsbedingte Muskel- und Skeletterkrankungen</b> (MSE) und Verletzungen durch wiederholte Belastungen zu verhindern, die unter Umständen durch eine schlechte Körperhaltung verursacht sind.</p> <p>Dies gilt für verschiedene Arten von Arbeitsplätzen und Branchen (z. B. im Büro oder bei Telearbeit, im Baugewerbe, im Bergbau, im verarbeitenden Gewerbe, im Schiffbau, in der Landwirtschaft, in der Abfallwirtschaft, im Hotel- und Gaststättengewerbe, in Verkehr und Lagerei sowie im Gesundheits- und Sozialwesen).<sup>10</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wearables, die Beschleunigungssensoren, das IoT, mobile Apps und Exoskelette nutzen, können die Anzahl der Bewegungen, ihre Geschwindigkeit, Art und Angemessenheit messen, um <b>unsichere oder schädliche Bewegungen zu erkennen</b>, dem Benutzer <b>Echtzeit-Biofeedback</b> zu geben und langfristige schwere Gesundheitsstörungen zu verhindern.</li> <li>○ Wearables können auch darauf hinweisen, dass Arbeitnehmer:innen <b>eine bestimmte Tätigkeit beenden</b> müssen, für die ein vorgegebener Schwellenwert erreicht wurde, z. B. dynamisches Heben.<sup>11</sup> So können Maßnahmen konzipiert werden, um die <b>Exposition gegenüber Risikofaktoren zu beseitigen oder zu verringern</b>.</li> <li>○ Algorithmen des maschinellen Lernens, die kinematische Daten nutzen, können verwendet werden, um die <b>Zuverlässigkeit bei der Unterscheidung zwischen korrekten und falschen Körperhaltungen zu erhöhen</b>.<sup>12</sup></li> </ul>
Erkennung von Gefahren im Zusammenhang mit Anlagen und Räumlichkeiten	<p>Eine Reihe von Überwachungssystemen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit können erkennen, wenn Arbeitnehmer:innen <b>einen Gefahrenbereich betreten</b> und sie darauf hinweisen. Zu den Gefahren können Ausrutschen, Stolpern und Stürze, Gabelstapler, Zusammenstöße und Unfälle bei der Benutzung</p>	<p>Sensoren (GPS, WSN<sup>13</sup>) können verwendet werden, um <b>zu geringen Abstand zu ermitteln, zu messen, ob die Geschwindigkeit über den Sicherheitswerten liegt, oder um Not-Aus-Tasten zu betätigen</b>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wearables können mittels Analyse historischer Daten Gefahren durch Strom sowie die Orte mit den meisten Beinahe-Stürzen erkennen.<sup>14</sup></li> <li>• An intelligenter Kleidung montierte Sichtsysteme können eingesetzt werden, um Zusammenstöße zwischen Mensch und Maschine zu vermeiden,<sup>15</sup></li> </ul>

<sup>10</sup> Khakurel, J., Melkas, H. und Porras, J. (2018), „Tapping into the wearable device revolution in the work environment: A systematic review“, *Information Technology & People*, Bd. 31, Nr. 3, S. 791-818. <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2017-0076>  
 Zhu, Z., Dutta, A. und Dai, F. (2021), „Exoskeletons for manual material handling – A review and implication for construction applications“, *Automation in Construction*, Bd. 122, Artikel 103493. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103493>  
 Ziae, M., Choobineh, A., Ghaem, H. und Abdoli-Eramaki, M. (2021), „Evaluation of a passive low-back support exoskeleton (Ergo-Vest) for manual waste collection“, *Ergonomics*, Bd. 64, Nr. 10, S. 1255-1270. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1915502>

<sup>11</sup> Ranavolo, A., Draicchio, F., Varrecchia, T., Silvetti, A. und Iavicoli, S. (2018), „Wearable monitoring devices for biomechanical risk assessment at work: Current status and future challenges—A systematic review“, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Bd. 15, Ausgabe 9, Artikel 2001. <https://doi.org/10.3390/ijerph15092001>

<sup>12</sup> Conforti, I., Milet, I., Del Prete, Z. und Palermo, E. (2020), „Measuring biomechanical risk in lifting load tasks through wearable system and machine-learning approach“, *Sensors*, Bd. 20, Ausgabe 6, Artikel 1557. <https://doi.org/10.3390/s20061557>

<sup>13</sup> Drahtlose Sensornetzwerke (WSN).

<sup>14</sup> Baka & Uzunoglu (2016) und Yang & Shen (2015) in: Khakurel, J., Melkas, H. und Porras, J., „Tapping into the wearable device revolution in the work environment: A systematic review“, *Information Technology & People*, Bd. 31, Ausgabe 3, S. 791-818. <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2017-0076>

<sup>15</sup> Siehe: <https://www.retenua.com/en/products/emitrace/>.

Arten von Chancen	Kurzbeschreibung des potenziellen Nutzens	Beispiele für Systeme und Technologien zur Überwachung von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
	von und/oder im Umgang mit Maschinen oder Fahrzeugen gehören.	ebenso wie Drohnen und drahtlose Sensornetzwerke (WSN), z. B. in der Präzisionslandwirtschaft. <sup>16</sup>
Erkennung gefährlicher Verhaltensweisen von Arbeitnehmer:innen und Unterstützung individueller Schulungen	<p>Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit bieten auch die Möglichkeit, Arbeitnehmer:innen in der korrekten Verwendung von Ausrüstung zu schulen und <b>Schulungen gezielt</b> auf Arbeitnehmer:innen <b>zuzuschneiden</b>, wenn Aufzeichnungen zeigen, dass diese im Durchschnitt <b>dazu neigen, unsicheres Verhalten an den Tag legen</b>.</p> <p>Diese Systeme können in vielen verschiedenen Wirtschaftszweigen eingesetzt werden, z. B. im verarbeitenden Gewerbe, in der Metallindustrie, im Baugewerbe, im Bergbau, in der chemischen Industrie und im Verkehrssektor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Videouberwachungssysteme, Wearables, intelligente PSA, RFID und Videokameras können eingesetzt werden, um <b>unsicheres Verhalten</b>, das Verletzungen verursachen kann, <b>zu erkennen oder sogar vorherzusagen</b> und auch die Ermittlung sicherer Praktiken zu erleichtern.</li> <li>• RFID<sup>17</sup> und Deep Learning<sup>18</sup> ermöglichen es, Ausrüstungen (z B. Arbeitsgeräte oder Kopf-, Gehör- und Fußschutz) zu kontrollieren oder zu überprüfen, ob die (Schutz-)Ausrüstung richtig getragen wird.</li> <li>• Wearable-basierte Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit werden in den Bereichen Verkehr, Bergbau und Baugewerbe eingesetzt, um frühe <b>Anzeichen von körperlicher, muskulärer und geistiger Ermüdung, Stress, Schläfrigkeit, geringer Aufmerksamkeit und schlechten Reaktionszeiten</b> oder <b>beeinträchtigter Entscheidungsfindung</b> zu erkennen.<sup>19</sup></li> <li>• Direkt am Körper getragene Bewegungssensoren und biomechanische Analysen können den Arbeitnehmer:innen Informationen über die <b>richtige Körperhaltung</b> liefern.</li> </ul>
Erkennung von schlechter Gesundheit und schlechtem Wohlbefinden einzelner Personen	Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit bieten Möglichkeiten zur Erhebung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Verwendung von Beschleunigungssensoren im Rahmen des SurPASS-Projekts, das darauf abzielt, <b>ein e-System zu evaluieren, das das tägliche (24/7) körperliche Verhalten</b> (körperliche Aktivität, sitzendes Verhalten und Schlaf) von berufstätigen Erwachsenen am Arbeitsplatz und in der arbeitsfreien Zeit misst.<sup>21</sup></li> </ul>

<sup>16</sup> Popescu, D., Stoican, F., Stamatescu, G., Ichim, L. und Dragana, C. (2020), „Advanced UAV–WSN system for intelligent monitoring in precision agriculture“, *Sensors*, Bd. 20, Ausgabe 3, Artikel 817. <https://doi.org/10.3390/s20030817>

<sup>17</sup> Mahmud, M. K. N., MAZ, M. R. R. und Baharun, N. (2016), „Applications of radio frequency identification (RFID) in mining industries“, in: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Bd. 133, Artikel 012050, IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/133/1/012050>

Dachry, W. und Bensassi, B. (2021), „Toward a real-time personal protective equipment compliance control system based on RFID technology“, in: F. Saeed, T. Al-Hadhami, F. Mohammed und E. Mohammed (Hg.), *Advances on Smart and Soft Computing*, S. 553-565, Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6048-4\\_48](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6048-4_48)

<sup>18</sup> Nath, N. D., Behzadan, A. H. und Paal, S. G. (2020), „Deep learning for site safety: Real-time detection of personal protective equipment“, *Automation in Construction*, Bd. 112, Artikel 103085. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103085>

Fang, Q., Li, H., Luo, X., Ding, L., Luo, H., Rose, T. M. und An, W. (2018), „Detecting non-hardhat-use by a deep learning method from far-field surveillance videos“, *Automation in Construction*, Bd. 85, S. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.018>

<sup>19</sup> Jung, S.-J., Shin, H.-S. und Chung, W.-Y (2014), „Driver fatigue and drowsiness monitoring system with embedded electrocardiogram sensor on steering wheel“, *IET Intelligent Transport Systems*, Bd. 8, Ausgabe 1, S. 43-50. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2012.0032>

de Naurois, C. J., Bourdin, C., Stratulat, A., Diaz, E. und Vercher, J. L. (2019), „Detection and prediction of driver drowsiness using artificial neural network models“, *Accident Analysis & Prevention*, Bd. 126, S. 95-104. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.11.038>

Lee, B. G., Lee, B. L. und Chung, W. Y. (2015), „Smartwatch-based driver alertness monitoring with wearable motion and physiological sensor“, in: *2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (EMBC) (S. 6126-6129), IEEE. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7319790>

Li, J., Li, H., Umer, W., Wang, H., Xing, X., Zhao, S. und Hou, J. (2020), „Identification and classification of construction equipment operators' mental fatigue using wearable eye-tracking technology“, *Automation in Construction*, Bd. 109, Artikel 103000. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103000>

Aryal, A., Ghahramani, A. und Becerik-Gerber, B. (2017), „Monitoring fatigue in construction workers using physiological measurements“, *Automation in Construction*, Bd. 82, S. 154-165. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.003>

<sup>20</sup> Svertoka, E., Saafi, S., Rusu, A., Burget, R., Marghescu, I., Hosek, J. und Ometov, A. (2021), „Wearables for industrial work safety: A survey“, *Sensors*, Bd. 21, Artikel 3844. <https://doi.org/10.3390/s21113844>

<sup>21</sup> Siehe: [https://nfa.dk/da/forskningsstrategiske-forskningsområder/om-msb/om\\_msb\\_researchers](https://nfa.dk/da/forskningsstrategiske-forskningsområder/om-msb/om_msb_researchers).

Arten von Chancen	Kurzbeschreibung des potenziellen Nutzens	Beispiele für Systeme und Technologien zur Überwachung von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
Unterstützung von Online-Gefährdungsbeurteilungen und Ferninspektionen	<p>und Analyse von Daten, mit denen eine Person ganzheitlich bewertet werden kann.</p> <p>Einige digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit konzentrieren sich speziell auf <b>digitale und dynamische Gefährdungsbeurteilungen und Inspektionen</b>.<sup>23</sup></p>	<p>Ähnliche Projekte wurden in die Wege geleitet, z. B. zur Messung von <b>UV-Strahlung am Arbeitsplatz und in der Freizeit</b>.<sup>22</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• OiRA ist ein <b>interaktives Online-Tool zur Gefährdungsbeurteilung</b> auf EU-Ebene, das Gefährdungsprognosen ermöglicht.<sup>24</sup> Auf nationaler Ebene gibt es weitere vergleichbare umfassende Instrumente, wie z. B. BeSmart.ie, Rie.nl und Prevencion10.es. Ferner gibt es Instrumente für spezifische Risikofaktoren wie Lärm oder Chemikalien.<sup>25</sup></li> <li>• Sensornetzwerke und Augmented Reality (AR) ermöglichen <b>Ferninspektionen</b>, zum Beispiel in der Land- und Forstwirtschaft, in der Öl- und Gasindustrie, im Bergbau und im Bauwesen.<sup>26</sup></li> </ul>
Anwendungen während der COVID-19-Pandemie	<p>Intelligente digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, die auf Wearables, dem Internet der Dinge, künstlicher Intelligenz (KI) und maschinellem Lernen (ML) oder Tracking-Geräten beruhen, können dazu beitragen, Arbeitsplätze in Situationen sicherer zu machen, in denen Maßnahmen zur Bekämpfung der Übertragung von Krankheiten erforderlich sind</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diese Systeme können <b>Temperaturen und andere Frühwarnzeichen</b> möglicher Infektionen messen und sicherstellen, dass die Arbeitnehmer:innen geeignete präventive Hygienemaßnahmen ergreifen und dass Umweltaspekte wie Luftqualität und Belüftung gemessen und berücksichtigt werden.</li> <li>• <b>Das Tragen von Masken</b> kann durch Verfahren zur Erkennung von Gesichtsmasken leichter durchgesetzt werden.<sup>27</sup> Gesichtserkennung könnte auch dabei helfen, Personen zu identifizieren, die beispielsweise wegen der COVID-19-Pandemie unter Quarantäne gestellt werden sollten.<sup>28</sup></li> </ul>

<sup>22</sup> Strehl, C., Heepenstrick, T., Knuschke, P. und Wittlich, M. (2021), „Bringing light into darkness – Comparison of different personal dosimeters for assessment of solar ultraviolet exposure“, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Bd. 18, Ausgabe 17, Artikel 9071. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179071>

<sup>23</sup> Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), *Die Entwicklung einer dynamischen Gefährdungsbeurteilung und ihre Auswirkungen auf die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit*, 2021, abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/development-dynamic-risk-assessment-and-its-implications-occupational-safety-and-health>

<sup>24</sup> Siehe: <https://oiraproject.eu/en>. OSHWiki, *OiRA and other online risk assessment tools in national OSH strategies and legislation*, 2021, abrufbar unter: <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/oira-and-other-online-risk-assessment-tools-national-osh-strategies-and-legislation>

<sup>25</sup> Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), *Die Entwicklung einer dynamischen Gefährdungsbeurteilung und ihre Auswirkungen auf die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit*, 2021, abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/development-dynamic-risk-assessment-and-its-implications-occupational-safety-and-health>

<sup>26</sup> Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA) (2019), *Digitalisierung in Zusammenhang mit Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Ein Forschungsprogramm der EU-OSHA*, abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-eu-osha-research-programme> Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), *Die Auswirkungen künstlicher Intelligenz auf die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit*, 2021, abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/impact-artificial-intelligence-occupational-safety-and-health>

Howard, J., Murashov, V. und Branche, C. M. (2017), „Unmanned aerial vehicles in construction and worker safety“, *American Journal of Industrial Medicine*, Bd. 61, Ausgabe 1, S. 3-10. <https://doi.org/10.1002/ajim.22782>.

<sup>27</sup> Loey, M., Manogaran, G., Taha, M. H. N. und Khalifa, N. E. M. (2021), „A hybrid deep transfer learning model with machine learning methods for face mask detection in the era of the COVID-19 pandemic“, *Measurement*, Bd. 167, Artikel 108288. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108288>

<sup>28</sup> Europäischer Gewerkschaftsbund (2020), *COVID-19 Watch ETUC briefing on new technologies allowing more surveillance at work*. [https://www.etuc.org/sites/default/files/publication/file/2020-12/20200930\\_covid-19%20Briefing%20on%20surveillance%20technologies.pdf](https://www.etuc.org/sites/default/files/publication/file/2020-12/20200930_covid-19%20Briefing%20on%20surveillance%20technologies.pdf)

# Minimierung der Folgen von Unfällen und Verbesserung der Untersuchung und Meldung von Unfällen (reaktiver Ansatz)

Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit bieten eine Reihe von Möglichkeiten, Unfall- oder Notfallfolgen zu minimieren, weil sie dafür sorgen, dass bei Unfällen rasch eingegriffen wird und dass diese gemeldet und untersucht werden können. Diese Systeme können Schäden minimieren, indem sie einen Notfall signalisieren und genaue Standortdaten übermitteln, wobei sie den Arbeitnehmer:innen vorschlagen, wie sie sich in einer gefährlichen Situation verhalten sollten. Sie tragen auch dazu bei, Unfälle schnell, sicher und wirksam zu untersuchen, und ermöglichen eine effiziente und mit weniger Stigmatisierung verbundene Meldung von Unfällen.

## Signalisierung und Lokalisierung von Notfällen

Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, die auf GPS-Ortung basieren, ermöglichen es, Arbeitnehmer:innen, die andernfalls Gefahr laufen würden, zu Tode zu kommen oder ernsthaften Schaden zu erleiden, **schnell und genau zu orten und in Sicherheit zu bringen**. Dies kann z. B. für Lkw-Fahrer in Not, für Feuerwehrleute, die in einen gefährlichen Rettungsbereich mit Feuer, Rauch und hohen Temperaturen eindringen, oder für Beschäftigte im Bergbau und Baugewerbe, die eingeschlossen oder gestürzt sind, eingesetzt werden.

Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit ermöglichen die **automatische Signalisierung eines Notfalls**, z. B. durch die Erkennung von Stürzen mithilfe von Beschleunigungssensoren. Sie können auch automatische Panikwarnungen versenden, selbst wenn Arbeitnehmer:innen nicht in der Lage sind, einen Notruf zu tätigen. Durch die genaue Ortung der Betroffenen können **Rettungseinsätze schneller erfolgen**.<sup>29</sup>

Es gibt für Arbeitnehmer:innen in isolierten Arbeitsumgebungen neue **Wearable**-Lösungen mit einer **Man-Down**-Funktion („Totmann-Funktion“), die in ein digitales Ohrstück integriert ist und im Falle eines Bewusstseinsverlusts oder einer Verletzung mit Bewegungsunfähigkeit eingesetzt werden kann.<sup>30</sup> **Über WSN vernetzte Minen** ermöglichen es ebenfalls, Beschäftigte sofort zu lokalisieren und zu beurteilen, ob sie sich bewegen oder nicht. Diese Echtzeitüberwachung wird durch Bluetooth, WiFi-Stationen und unterirdisches WLAN oder 5G ermöglicht. **Unbemannte Luftfahrzeuge (UAV)** bieten ebenfalls erhebliche Fähigkeiten in Bezug auf Such- und Rettungseinsätze, sowohl über als auch unter der Erde. Autonome Drohnen können bei Gefahren im Untertagebau eingesetzt werden<sup>31</sup> oder in der petrochemischen Industrie, um Opfer zu identifizieren und zu lokalisieren.<sup>32</sup>

## Reagieren auf Not- oder Unfälle

Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit können auch beim Umgang mit Notfällen oder Unfällen hilfreich sein. **Wearables** und **Augmented Reality** ermöglichen die schnelle **Bereitstellung von Informationen** (Video, Audio, Bilder, Text) und den einfachen Zugriff darauf, z. B. über intelligente Brillen, damit Beschäftigte eine fundiertere Entscheidung darüber treffen können, wie sie am besten auf die Situation reagieren, in der sie sich befinden.

Die **intelligente PSA** von Feuerwehrleuten verfügt über **aktive Kühlsysteme**. Hand und Unterarm in kaltes Wasser zu tauchen ist zwar die einfachste und wirksamste Möglichkeit, die Wärmebelastung<sup>33</sup> zu verringern, automatische Kühlsysteme gehören jedoch zu den nachgefragtesten Funktionen intelligenter PSA der Zukunft.

**Drohnen** können nicht nur den Standort von Beschäftigten bei Such- und Rettungseinsätzen bestimmen, sondern auch Defekte an den eingesetzten Geräten erkennen. Dies ist hilfreich für diejenigen, die daran arbeiten, das

<sup>29</sup> Lawson, F. (31. Juli 2020), „How apps with GPS tracking ensure worksite safety“, Industry Today. <https://industrytoday.com/how-apps-with-gps-tracking-ensure-worksites-safety/>

Khakurel, J., Melkas, H. und Porras, J. (2018), „Tapping into the wearable device revolution in the work environment: A systematic review“, *Information Technology & People*, Bd. 31, Ausgabe 3, S. 791-818. <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2017-0076>

<sup>30</sup> Guilbeault-Sauvé, A., De Kelper, B. und Voix, J. (2021), „Man down situation detection using an in-ear inertial platform“, *Sensors*, Bd. 21, Ausgabe 5, Artikel 1730. <https://doi.org/10.3390/s21051730>

<sup>31</sup> Hennage, D. H., Nopola, J. R. Haugen, B. D. (2019), „Fully autonomous drone for underground use“, auf dem 53. U.S. Rock Mechanics/Geomechanics Symposium vorgestelltes Papier, OnePetro.

<sup>32</sup> Gamulescu, O. M., Rosca, S. D., Panaite, F., Costandoiu, A. und Riurean, S. (2020), „Accident sites management using drones“, in: *MATEC Web of Conferences*, Bd. 305, Artikel 00004, EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/matecconf/20203050004>

<sup>33</sup> Giesbrecht, G. G., Jamieson, C. und Cahill, F. (2007), „Cooling hyperthermic firefighters by immersing forearms and hands in 10°C and 20°C water“, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 78(6), Band 78, Nr. 6, S. 561-567. <https://www.ingentaconnect.com/contentone/asma/asmase/2007/00000078/00000006/art0004>

Barr, D., Reilly, T. und Gregson, W. (2011), „The impact of different cooling modalities on the physiological responses in firefighters during strenuous work performed in high environmental temperatures“, *European Journal of Applied Physiology*, Bd. 111, S. 959-967. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1714-1>

Schadenspotenzial möglichst gering zu halten, sowie für die **Bereitstellung neuer Geräte**, die möglicherweise benötigt werden, wie z. B. Atemschutzgeräte für Beschäftigte bei einem Bergbaunotfall.<sup>34</sup>

#### Untersuchung und Meldung von Unfällen

Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit können die Untersuchung von Unfällen unterstützen, indem sie **Daten** darüber bereitstellen, wo sich der Unfall ereignet hat, wer anwesend war und wer die Opfer waren, welche Maßnahmen und/oder Bedingungen zu dem Unfall geführt haben und was während des Unfalls und der anschließenden Rettungsmaßnahmen (falls erforderlich) geschehen ist. Dies kann dazu beitragen, eine Abfolge der Ereignisse zu erstellen.<sup>35</sup>

Durch den Einsatz digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit können **schnell und effizient genaue und objektive Unfalldaten** gewonnen werden, die für Ermittlungszwecke ausreichen oder eine gute Grundlage für weitere Untersuchungen bilden oder diese ergänzen können. Es können Daten über die Exposition gegenüber verschiedenen Arten von Gefahren mithilfe von **Dosimetern, Radiometern, Beschleunigungssensoren, WSN oder Augmented Reality** erhoben werden. Daten können auch in Form von **Geolokalisierung, Bildern, Tönen und Bewegungen** vorliegen.

Daten, die über digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit erhoben werden, können auch Einblicke in die **Art und Weise bieten, wie Rettungseinsätze** in Bezug auf die Reaktionszeit und die ergriffenen Maßnahmen **verbessert werden können**.

Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit bieten zudem<sup>36</sup> die **Möglichkeit einer schnellen und genauen Berichterstattung**. So können beispielsweise (Smartphone-)Apps aufwändige papiergestützte Berichte ersetzen, wobei diese Berichte auch leichter zu archivieren und abzurufen sind. Dies gilt ebenso für Ton- und Bildaufzeichnungen vom Unfallort, die automatisch an den zuständigen Arbeitsschutzbeauftragten gesendet werden können.<sup>37</sup> Ohne digitale Technologie ist dies oft ein langwieriger und mühsamer Prozess, der die Belastung durch den erlebten oder beobachteten Unfall noch verstärken kann.

**Untererfassung**, die auf den langwierigen und aufwändigen Meldeprozess zurückzuführen sein kann wie auch auf Stigmatisierung und Scham im Zusammenhang mit der Beteiligung an einem Unfall, kann durch digitale Technologie gemildert werden, da Meldungen vor Ort und/oder automatisch erfolgen.<sup>38</sup>

## Potenzielle Herausforderungen bei der Nutzung digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Trotz der vielen anerkannten und potenziellen Vorteile der Nutzung digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit stellen sich nach wie vor Herausforderungen. Diese ergeben sich aus den potenziellen Abwägungen zwischen den Vorteilen und Risiken dieser Systeme. Ihre Nutzung hat Auswirkungen auf die Erhebung und den Schutz von Daten, auf die Funktionsweise von Überwachungssystemen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit in realen Umgebungen, die Arbeitsbeziehungen sowie die Verantwortlichkeiten und Grenzen im Arbeitsschutzbereich.

#### Physische Risiken

Eine Überwachung durch Exoskelette, die durch die Verringerung des Drucks in einigen Bereichen des Körpers zu einer Umverteilung der Belastung führen kann, kann zur Entstehung neuer biomechanischer Einschränkungen und Risikofaktoren für Muskel- und Skeletterkrankungen (MSE) führen.<sup>39</sup> Exoskelette können aufgrund ihrer sperrigen Struktur auch die Bewegungsfreiheit einschränken und zu Kollisionen führen, sie können Unbehagen und Hautreizungen verursachen, die Herz-Kreislauf-Belastung und den Stress erhöhen oder den Arbeitnehmer:innen ein übermäßiges Vertrauen in ihre Fähigkeiten und damit das Gefühl der Unverwundbarkeit.

<sup>34</sup> Hennage, D. H., Nopola, J. R. und Haugen, B. D. (2019), „Fully autonomous drone for underground use“, Papier vorgestellt auf dem 53. U.S. Rock Mechanics/Geomechanics Symposium, OnePetro.

<sup>35</sup> Probst, T. M., Bettac, E. L. und Austin, C. T. (2019), „Accident under-reporting in the workplace“, in: R. J. Burke und A. M. Richardson (Hg.), *Increasing occupational health and safety in workplaces* (S. 30-47), Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781788118095.00009>

<sup>36</sup> Siehe: <https://osha.europa.eu/en/blog/world-day-safety-and-health-work>.

<sup>37</sup> Hussin, M. F. B., Jusoh, M. H., Sulaiman, A. A., Abd Aziz, M. Z., Othman, F. und Ismail, M. H. B. (2014), „Accident reporting system using an iOS application“, in: 2014 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC 2014) (S. 13-18), IEEE.

<sup>38</sup> Black, K. J., Munc, A., Sinclair, R. R. und Cheung, J. H. (2019), „Stigma at work: The psychological costs and benefits of the pressure to work safely“, *Journal of Safety Research*, Bd. 70, S. 181-191. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.07.007>

<sup>39</sup> INRS. (2020), „Using exoskeletons at work: The message of prevention“. <https://en.inrs.fr/news/exoskeletons-6-critical-points.html>

vermitteln, was zu Unfällen führen kann.<sup>40</sup> Virtual Reality und Augmented Reality können Desorientierung, Bewegungskrankheit (auch Cyberkrankheit genannt) und eine Überanstrengung der Augen verursachen, was vor allem auf Hardware, Inhalte und menschliche Faktoren zurückzuführen ist.<sup>41</sup>

#### *Herausforderungen im Zusammenhang mit der Funktionsweise von Überwachungssystemen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit in realen Umgebungen*

Selbst wenn die Technologien zertifiziert sind, wird ihre **Genauigkeit bei der Erfassung von Daten zunächst in laborähnlichen Umgebungen** bewertet, die möglicherweise die widrigen Arbeitsbedingungen nicht genau wiedergeben.<sup>42</sup> Dies ist insbesondere in **Arbeitsumgebungen der Fall, die die Genauigkeit der Sensoren einschränken können**, oder in Umgebungen, in denen Technologien unerwarteten Herausforderungen ausgesetzt sein können: Beispielsweise sind Wärmekameras in Drohensystemen unter Umständen nicht in der Lage, einen Beschäftigten zu orten.<sup>43</sup> Mensch-Maschine-Schnittstellen (Gesicht, Gesten, Stimme, Augenbewegung, Gehirnsignale) könnten korrupte oder Signale mit geringer Stärke falsch interpretieren – z. B. aufgrund von stark entladenen Batterien oder Interferenzen.<sup>44</sup>

**Neue digitale Technologien können Fehlfunktionen aufweisen.** Batterien können in schwierigen Umgebungssituationen nicht nur ineffizient sein oder nicht mehr funktionieren, sie können auch überhitzen, Feuer fangen oder explodieren<sup>45</sup>. Eine **sensorgestützte Weste** kann anfällig für das Eindringen von Wasser in die elektrischen Bereiche sein, was zu Kurzschlüssen oder Stromschlägen führen kann. **Unbemannte Luftfahrtssysteme (Unmanned Aircraft Systems, UAS)** können aufgrund von Systemstörungen oder Cyberangriffen ein Sicherheitsrisiko für Beschäftigte in ihrer Nähe darstellen. Dies gilt insbesondere für halbautonome oder autonome UAVs, die nicht von Menschen gesteuert werden.<sup>46</sup>

Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit können zudem **die Arbeit intensivieren** und dadurch möglicherweise Schaden für die Arbeitnehmer:innen verursachen. Da Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit finanzielle Auswirkungen haben, möchten manche Unternehmen womöglich deren Funktionen im Arbeitsschutzbereich mit produktivitätssteigernden Funktionen kombinieren, um so die Kosten zu senken (z. B. durch Entlassung oder Nichteinstellung von Arbeitskräften).<sup>47</sup> In solchen Fällen könnten bereits dort beschäftigte Arbeitnehmer:innen mit einer zusätzlichen Arbeitsbelastung konfrontiert sein.

#### *Herausforderungen im Zusammenhang mit der Erhebung und dem Schutz von Daten*

Digitale Überwachungssysteme können durch eine genaue Datenerhebung und eine aussagekräftige Analyse von Trends auf aggregierter Ebene Verbesserungen im Arbeitsschutzbereich unterstützen, können aber von den Arbeitnehmer:innen auch als Eingriff in die Privatsphäre empfunden werden, was belastend sein und zu Entfremdung am Arbeitsplatz führen kann.<sup>48</sup>

Es gibt eine Reihe wichtiger Fragen in Bezug auf **Datenschutz, Eigentum und Sicherheit**, die mit der Entwicklung und dem Einsatz von Überwachungssystemen für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit zusammenhängen, da digitale Geräte enorme Datenmengen sammeln, wobei es sich um sensible

<sup>40</sup> Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), *Digitalisierung in Zusammenhang mit Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Ein Forschungsprogramm der EU-OSHA*, 2019, abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-eu-osha-research-programme>

<sup>41</sup> Chang, E., Kim, H. T. und Yoo, B. (2020), „Virtual reality sickness: A review of causes and measurements“, *International Journal of Human–Computer Interaction*, Bd. 36, Ausgabe 17, S. 1658-1682. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>

<sup>42</sup> Khakurel, J., Melkas, H. und Porras, J. (2018), „Tapping into the wearable device revolution in the work environment: A systematic review“, *Information Technology & People*, Bd. 31, Ausgabe 3, S. 791-818. <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2017-0076>

<sup>43</sup> Burke, C., McWhirter, P. R., Veitch-Michaelis, J., McAree, O., Pointon, H. A., Wich, S. und Longmore, S. (2019), „Requirements and limitations of thermal drones for effective search and rescue in marine and coastal areas“, *Drones*, Bd. 3, Ausgabe 4, Artikel 78. <https://doi.org/10.3390/drones3040078>

<sup>44</sup> Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), *Prognosen in Bezug auf neue und aufkommende Risiken im Bereich Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit im Zusammenhang mit der Digitalisierung bis 2025*, 2018, abrufbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2802/515834>

<sup>45</sup> EU-OSHA – Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, *Intelligente persönliche Schutzausrüstung: intelligenter Schutz für die Zukunft*, 2020, abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-personal-protective-equipment-intelligent-protection-future/view>

<sup>46</sup> Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), *Zusammenfassung – Prognosen in Bezug auf neue und aufkommende Risiken im Bereich Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit im Zusammenhang mit der Digitalisierung bis 2025*, 2018, abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-foresight-new-and-emerging-occupational-safety-and-health-risks-associated-1>

Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), *Coboter, Roboter und Drohnen: die Auswirkungen digitaler Technologien auf die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit in der Land- und Forstwirtschaft*, 2021, abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/cobots-robots-and-drones-impact-digital-technology-osh-agriculture-and-forestry>

Howard, J., Murashov, V. und Branche, C.M. (2017), „Unmanned aerial vehicles in construction and worker safety“, *American Journal of Industrial Medicine*, Bd. 61, Ausgabe 1, S. 3-10. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ajim.22782>

<sup>47</sup> Für diese Studie von November 2021 bis Februar 2022 durchgeführte Ecorys-Interviews.

<sup>48</sup> Carpenter, D., McLeod, A., Hicks, C. und Maasberg, M. (2018), „Privacy and biometrics: An empirical examination of employee concerns“, *Information Systems Frontiers*, Bd. 20, S. 91-110. <https://doi.org/10.1007/s10796-016-9667-5>

Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), *Monitoring technology: The 21st century pursuit of well-being?*, 2017. abrufbar unter: [https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/369002/VandenBroek17\\_Workers\\_monitoring\\_and\\_well\\_being.pdf?sequence=1&isAlloed=1](https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/369002/VandenBroek17_Workers_monitoring_and_well_being.pdf?sequence=1&isAlloed=1)

personenbezogene Daten handeln kann (z. B. in Bezug auf ethnische Herkunft, Gesundheit, genetische und biometrische Daten). Für Arbeitnehmer:innen und deren Vertreter:innen ist es daher wichtig zu wissen, wer das Recht hat, die Daten einzusehen und zu verwenden, welche Art von Daten erhoben werden, wie sie gespeichert und an Dritte, z. B. externe Dienstleister:innen, weitergegeben werden und wie oder wann die Daten gelöscht werden. Darüber hinaus besteht auch das Risiko von Verletzungen des Datenschutzes und von Datendiebstahl. Es ist wichtig, dass die Beschäftigten verstehen, welche Arten von Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden, um sie vor unbefugtem Datenzugriff zu schützen, und dass sie in Prozesse einbezogen werden, die über die Nutzung digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit am Arbeitsplatz oder an Fernstandorten entscheiden.

Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt ist der Zweck, für den die Daten verwendet werden. Es gibt beispielsweise Fälle von digitaler Überwachung im Zusammenhang mit einer **höheren Arbeitsintensität**.<sup>49</sup> Die Arbeitnehmer:innen und ihre Vertreter:innen haben bisweilen den Eindruck, dass die Unternehmensleitung die Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit nutzt, um die Leistung der Arbeitnehmer:innen im Zusammenhang mit immer anspruchsvollerem Zielen verstärkt zu kontrollieren.<sup>50</sup> Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit für Telearbeiter können auch Risiken und Herausforderungen im Zusammenhang mit der Leistungsüberwachung beinhalten. Anhand der erfassten Daten können Arbeitgeber:innen möglicherweise in Erfahrung bringen, wo sich die Arbeitnehmer:innen aufhalten, was sie gerade tun, wie (müde) sie sich fühlen oder ob sie schlafen. Sie können unter Umständen auch herausfinden, wie viel Zeit sich jemand für eine Toilettenpause nimmt.<sup>51</sup> Dies kann Ängste und Stress auslösen, die auf eine „Always-on“-Kultur<sup>52</sup> und die antizipatorische Angst vor Überwachung zurückzuführen sind,<sup>53</sup> z. B. in Fällen, in denen die digitale Technologie häufig Alarne, Warnungen und Erinnerungen sendet, was belastend sein kann, da es ein Gefühl der ständigen Überwachung vermittelt.

**KI, ML, Deep-Learning und Algorithmen** können sich ebenfalls **negativ auf Arbeitnehmer:innen auswirken**. Wenn beispielsweise ein Unfall droht, kann KI damit beauftragt werden, Entscheidungen zu treffen, die Leben retten können. Daher ist es wichtig, dass diese Systeme über zuverlässige, genaue und unverfälschte Daten verfügen, dass sie über eine angemessene „Intelligenz“ verfügen, um komplexe Ziele zu erreichen, und dass sie in der Lage sind, Risiken zu verringern, ohne weiteren Schaden zu verursachen.<sup>54</sup>

Für die Unternehmensleitung kann die große Menge an erhobenen Daten, die ausgewertet werden müssen, zu einer **kognitiven Überforderung** führen, sofern der Prozess nicht automatisiert wird.<sup>55</sup> Dies gilt auch für Arbeitnehmer:innen, die bei der Nutzung von Virtual Reality/Augmented Reality unter Umständen eine große Menge an Daten/Inhalten erhalten.<sup>56</sup>

#### *Herausforderungen im Zusammenhang mit Arbeitsbeziehungen*

Die Umstellung auf **algorithmisches Management** kann sich auf Arbeitsbeziehungen, Kommunikation und Vertrauen auswirken. KI-Management kann den Kontakt zwischen Führungskräften und Arbeitnehmer:innen sowie zwischen den Kolleg:innen verringern. Es kann daher die Verbindungen und die Motivation am Arbeitsplatz untergraben. Der geringere Spielraum für Aufgabenrotation und Abwechslung kann auch zu erhöhter Unzufriedenheit mit der Arbeit führen, z. B. bei Arbeitnehmer:innen, die mit einsamen, eintönigen und sich wiederholenden Arbeiten betraut sind. Darüber hinaus kann eine algorithmische Entscheidungsfindung, die nicht transparent und offen ist, zu einem Gefühl der Ungerechtigkeit und Entfremdung führen und infolgedessen

<sup>49</sup> Europäische Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle und Ball, K., 2021, *Electronic monitoring and surveillance in the workplace: Literature review and policy recommendations*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1cbf6cdf-1c19-11ec-b4fe-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF>

<sup>50</sup> Europäischer Gewerkschaftsbund (2018), *Digitalisation and workers participation. What trade unions, company level workers and online platform workers in Europe think*. <https://www.etuc.org/sites/default/files/publication/file/2018-09/Voss%20Report%20EN.pdf>

<sup>51</sup> Bender, G. und Söderqvist, F., „How to negotiate an algorithm: A case study on voice and automation in Swedish mining“, Blekinge Institute of Technology (erscheint demnächst).

<sup>52</sup> Für diese Studie von November 2021 bis Februar 2022 durchgeführte Ecorys-Interviews

<sup>53</sup> Samek Lodovici, M. et al. (2021), *The impact of teleworking and digital work on workers and society*, Fachabteilung Wirtschaft, Wissenschaft und Lebensqualität, Europäisches Parlament. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/662904/IPOL\\_STU\(2021\)662904\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/662904/IPOL_STU(2021)662904_EN.pdf)

<sup>54</sup> Eliot, L. (27. Juli 2020), „AI ethicists clash over real-world aptness of the controversial trolley problem, but for self-driving cars it is the real deal“, Forbes. <https://www.forbes.com/sites/lanceeliot/2020/07/27/ai-ethicists-clash-over-real-world-aptness-of-the-controversial-trolley-problem-but-for-self-driving-cars-it-is-the-real-deal/?sh=18f7754a5095> Eliot, L., 7. März 2020, „If AI has human rights, some are worried that self-driving cars might turn on us“, Forbes. <https://www.forbes.com/sites/lanceeliot/2020/03/07/if-ai-has-human-rights-some-are-worried-that-self-driving-cars-might-turn-on-us/?sh=e6c3b344548e> Siehe: <https://www.aitrends.com/ai-insider/self-driving-car-mother-ai-projects-moonshot/> Castelvecchi, D. (2020), „Is facial recognition too biased to be let loose?“, Nature. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-03186-4>

<sup>55</sup> Hosman, A. (17. Juli 2017), „How wearables could disrupt workplace safety“, EHS Today. <https://www.ehstoday.com/ppe/article/21919117/how-wearables-could-disrupt-workplace-safety>

<sup>56</sup> Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), *Digitalisierung in Zusammenhang mit Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Ein Forschungsprogramm der EU-OSHA*, 2019. <https://osha.europa.eu/en/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-eu-osha-research-programme>

Kreativität und Autonomie beschränken.<sup>57</sup> Der Einsatz digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit kann zu **Frustration und Angst davor führen, dass die Technologie nicht funktioniert** oder nicht komfortabel oder leicht anpassbar ist.<sup>58</sup>

#### *Unscharfe Verantwortlichkeiten und Grenzen im Bereich Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit*

In der Praxis können digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit die Verantwortung für den Arbeitsschutzbereich und die Grenze zwischen Privat- und Berufsleben auf verschiedene Weise verwischen.

- Arbeitgeber:innen verlassen sich womöglich **zulasten anderer Maßnahmen im Bereich Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit zunehmend auf diese Systeme**.
- Arbeitgeber:innen führen auf der Grundlage der mithilfe digitaler Technologie gesammelten Daten unter Umständen keine **angemessenen Gefährdungsbeurteilungen durch oder ergreifen keine Korrekturmaßnahmen**, wodurch ein falsches Sicherheitsgefühl am Arbeitsplatz entstehen könnte.
- Möglicherweise wird **mehr Gewicht auf persönliche Maßnahmen zur Überwachung von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit als auf kollektive Maßnahmen** gelegt: kollektive Schutzmaßnahmen schützen alle Arbeitnehmer:innen und nicht nur einen zu einem bestimmten Zeitpunkt, aber diese beiden Ebenen von Schutzmaßnahmen ergänzen sich eher, als dass sie sich gegenseitig ausschließen, wobei persönliche Kontrollmaßnahmen eine zusätzliche Schutzebene für *Restrisiken* darstellen<sup>59</sup>.
- **Unscharfe Grenzen zwischen Privat- und Berufsleben:** Die Nutzung von Wearables kann die Unterscheidung zwischen Privat- und Berufsleben verwischen, wenn die Daten rund um die Uhr erfasst werden. Wearables können die Beschäftigten bei Schlafmangel warnen und die damit verbundenen Programme zur Förderung des Wohlbefindens können auf individuelle Maßnahmen hinweisen, die ergriffen werden können (z. B. bessere Ernährung, rechtzeitig schlafen gehen, weniger Kaffee trinken, körperlich aktiver werden usw.), wobei stattdessen möglicherweise Maßnahmen am Arbeitsplatz (oder sogar im Bereich der öffentlichen Gesundheit) erforderlich sind.
- **Das Fehlen einer angemessenen Schulung**<sup>60</sup> der Arbeitnehmer:innen und der Führungskräfte, um die wirksame Nutzung von Überwachungssystemen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit zu ermöglichen, kann den potenziellen Nutzen begrenzen und sogar das Schadensrisiko erhöhen.

## **Stärkung der Vorteile digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Wesentliche Schlussfolgerungen für politische und andere Entscheidungsträger:innen**

Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit können in hohem Maße dazu beitragen, Arbeitsschutzrisiken zu ermitteln und zu bewerten, Schäden zu verhindern bzw. zu minimieren und Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit zu fördern. Sie können daher ein wesentliches Instrument sein, um Organisationen bei der Verbesserung der Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer:innen, der Sicherheit von Anlagen und Verfahren sowie der Gesundheitsmanagementsysteme zu unterstützen. Weitere Erkenntnisse über ihre praktische Anwendung und Anpassung in verschiedenen organisatorischen, sektorspezifischen und rechtlichen Kontexten werden ein tieferes Verständnis ihrer Auswirkungen auf die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit ermöglichen, einschließlich konkreter Vorteile und verbleibender Herausforderungen.

Vor diesem Hintergrund werden die folgenden wesentlichen Schlussfolgerungen gezogen, um die Vorteile von digitalen Überwachungssystemen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit zu maximieren und die mit ihrer Verwendung verbundenen potenziellen Nachteile zu minimieren.

<sup>57</sup> Europäischer Gewerkschaftsbund (13. Juli 2020), *Resolution on the European strategies on artificial intelligence and data*. <https://www.etuc.org/en/document/resolution-european-strategies-artificial-intelligence-and-data>

Zednik, C. (2021), „Solving the black box problem: A normative framework for explainable artificial intelligence“, *Philosophy & Technology*, Bd. 34, S.265-288. <https://doi.org/10.1007/s13347-019-00382-7>

<sup>58</sup> Für diese Studie von November 2021 bis Februar 2022 durchgeführte Ecorys-Interviews.

<sup>59</sup> HASpod (2019), „Residual risk: How to manage the risks you can't stop“, abrufbar unter: <https://www.haspod.com/blog/management/residual-risk>

<sup>60</sup> Europäische Kommission, Europäisches Zentrum für politische Strategie und Servoz, M. (2019), *AI, the future of work? : Work of the future! : On how artificial intelligence, robotics and automation are transforming jobs and the economy in Europe*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/096526d7-17d8-11ea-8c1f-01aa75ed71a1>

## Schlussfolgerung 1: Entwicklung evidenzbasierter Standards innerhalb des digitalen EU-Binnenmarktes, die die Einführung fördern

Die Nutzung digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit wird häufig durch die Einhaltung bestehender rechtlicher Standards vorangetrieben. Die legislativen Entwicklungen hinken jedoch oftmals den technologischen Entwicklungen hinterher. Die Normung intelligenter Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit bringt eine Reihe von Herausforderungen mit sich, die ein potenzielles Hindernis für ihre Einführung auf organisatorischer Ebene darstellen. Die Festlegung von Normen im digitalen Binnenmarkt der EU, die einen angemessenen Rahmen und Grenzen bieten, aber nicht hinter dem schnellen Tempo technologischer Entwicklungen zurückbleiben, ist schwierig, aber die Bemühungen sollten fortgesetzt werden. Dadurch wird ein geeignetes rechtliches Umfeld geschaffen, in dem Designer weiterhin innovativ sein und Arbeitgeber:innen digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit nutzen können, um Verbesserungen im Arbeitsschutzbereich voranzutreiben.

## Schlussfolgerung 2: Anpassung digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit an die Bedürfnisse von Unternehmen sowie Arbeitnehmer:innen

Entscheidungen über den Einsatz von Überwachungssystemen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit sollten auch von den vorhandenen Bedürfnissen und dem Wunsch nach Verbesserung der Sicherheit, der Gesundheit und des Wohlbefindens der Arbeitnehmer:innen am Arbeitsplatz und nicht nur von den gesetzlichen Anforderungen geleitet werden. Wenngleich sich allgemeine Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit unter Umständen für den Einsatz in einigen Wirtschaftszweigen oder manchen Arten von Arbeitsplätzen als angemessen erweisen, können für den Arbeitsplatz und die Bedürfnisse der Arbeitnehmer:innen maßgeschneiderte Lösungen ihre Wirksamkeit erhöhen und die positiven Auswirkungen maximieren. Eine Möglichkeit, die Wirksamkeit solcher Systeme zu erhöhen, besteht darin, bereits in der Entwicklungsphase die spezifischen Bedürfnisse und die potenziellen positiven und negativen Auswirkungen der Einführung digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit zu berücksichtigen.

## Schlussfolgerung 3: Sicherstellung einer angemessenen Unterstützung für Organisationen, insbesondere für KMU

Konkrete Beispiele für die Wirksamkeit dieser Systeme und dafür, wie sich ihr Nutzen durch Anpassungen noch weiter steigern lässt, würden den Entscheidungsträger:innen die notwendigen Anhaltspunkte für die Einführung solcher Systeme liefern. Diese Anhaltspunkte hängen davon ab, dass die derzeitigen Entwickler:innen und Nutzer:innen Informationen zu den Auswirkungen von Überwachungssystemen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit und den Anpassungen, die eine höhere Wirksamkeit ermöglichen, sammeln, sie überprüfen und allgemein zugänglich machen. Ein umfassender Austausch bewährter und vielversprechender Verfahren könnte die Einführung dieser Systeme befördern. Derartige Bemühungen können jedoch kostspielig sein, ebenso wie die Entwicklung und Anpassung der Überwachungssysteme, welche die Arbeitgeber:innen und insbesondere die KMU vor große Herausforderungen stellen.

Politische Maßnahmen zur Unterstützung der Entwicklung, der Anschaffung und der Evaluierung der Nutzung digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (verbunden mit Instrumenten zur finanziellen Unterstützung) können die Nutzung dieser Systeme verbessern und die Faktengrundlage im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die Prävention oder Verringerung von Arbeitsschutzrisiken und die erforderlichen Anpassungen stärken.

## Schlussfolgerung 4: Konsultation der einschlägigen Akteure und Einigung darüber, wie intelligente Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit eingesetzt werden sollen (Arbeitgeber:innen, Arbeitnehmer:innenvertreter, Arbeitsschutzfachkräfte)

Bevor digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit eingeführt werden, sollten Arbeitgeber:innen, Arbeitnehmervertreter:innen und Arbeitsschutzfachkräfte erörtern und sich einigen, wie die Systeme eingesetzt werden sollen, und die Arbeitnehmer:innen müssen angemessen konsultiert und informiert

werden. Dies ist ein wesentlicher Schritt zur Sensibilisierung, die Akzeptanz zu sichern und zur Ermöglichung einer produktiven, wirksamen und effizienten Nutzung dieser Systeme, die auf spezifische Bedürfnisse im Arbeitsschutzbereich auf organisatorischer Ebene ausgerichtet sind.

## Schlussfolgerung 5: Ordnungsgemäße Unterrichtung und Schulung der Unternehmensleitung und der Beschäftigten in Bezug auf die Nutzung digitaler Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Begrenzte Erkenntnisse über die konkreten Auswirkungen auf die Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer:innen und die Sicherheitsprozesse auf organisatorischer Ebene in verschiedenen Wirtschaftszweigen, bei verschiedenen Arten von Arbeitsplätzen und in Ländern mit unterschiedlichen Arbeitsschutzkulturen können die Bereitschaft der Arbeitgeber:innen zur Entwicklung und/oder Nutzung von Überwachungssystemen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit einschränken. Verstärkt wird dies durch unzureichende Informationen über die kurz- und langfristigen Kosten, die für die Entwicklung, Umsetzung und Anpassung dieser Systeme erforderlich sind. Begrenzte Nachweise zu den Auswirkungen auf Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit können das Vertrauen der Arbeitnehmer:innen in solche Instrumente ebenfalls verringern.

Angemessene Informations- und Sensibilisierungskampagnen können zu einem breiteren und tieferen Verständnis dieser Instrumente beitragen. Ressourcen am Arbeitsplatz (z. B. Schulungsleitfäden, Unternehmensrichtlinien) und eine regelmäßige Kommunikation über die aus der Nutzung dieser Systeme gezogenen Lehren können zu einem besseren Verständnis der Vorteile und Grenzen dieser Systeme beitragen. Sie können auch deren Abstimmung auf bereits bestehende Verfahren zur Gefährdungsüberwachung und anderen Gefährdungsbeurteilungsprozessen, wie z. B. arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen, sicherstellen.

## Schlussfolgerung 6: Digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit haben ihre Grenzen, die klar bestimmt und kommuniziert werden sollten.

Intelligente oder digitale Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit sind Instrumente zur Verbesserung und Förderung des Arbeitsschutzes durch Anpassungen am Arbeitsplatz, Korrekturmaßnahmen, Schulung der Beschäftigten und eine verstärkte Kultur des Vertrauens und der Beteiligung. Überwachungstechnologien können optimiert und an ihre beabsichtigte Verwendung in verschiedenen Organisationen angepasst werden, weisen jedoch inhärente Beschränkungen auf in Bezug auf die eingesetzte Technologie, das Ausmaß, in dem Risiken vermieden oder begrenzt werden können, die Art und Weise, wie Daten erhoben und interpretiert werden, und mögliche Fehler, die sich aus dem Prozess ergeben.

Überwachungssysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit liefern Informationen über vorgegebene Parameter und zielen in erster Linie darauf ab, Systeme zu unterstützen, die Entscheidungen im Arbeitsschutzbereich auf organisatorischer Ebene treffen. Sie handeln nicht autonom und ersetzen keine Entscheidungsträger, da die Überwachungstechnologie keine externen oder kontextbezogenen Faktoren berücksichtigen kann, die die Interpretation der gesammelten Daten und Entscheidungen über Korrekturmaßnahmen beeinflussen.

## Schlussfolgerung 7: Bedenken Sie die Auswirkungen auf die Erhebung und den Schutz von Daten und informieren Sie die Arbeitnehmer:innen angemessen.

Ein modernes Datenmanagement und eine zeitgemäße Datenanalyse bringen erhebliche Vorteile für die Entscheidungsprozesse auf organisatorischer Ebene, einschließlich jener, die auf die Verbesserung von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit abzielen, und können zu einer wirksameren Risikominderung am Arbeitsplatz führen. Es besteht Bedarf an Klarheit, Transparenz und Datenschutzprotokollen dafür, wie die von diesen Systemen erhobenen Daten verwendet werden, welche Art von Daten verwendet wird, wer auf sie zugreifen kann, für welche Zwecke und wie eine robuste Datensicherheit gewährleistet wird.

Verfasser: Dareen Toro, Monica Andriescu, Mario Battaglini, Kyrillos Spyridopoulos (Ecorys)

Projektmanagement: Annick Starren, Ioannis Anyfantis (EU-OSHA)

Dieser Kurzbericht wurde von der Europäischen Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA) in Auftrag gegeben. Die Inhalte, einschließlich aller geäußerten Meinungen und/oder Schlussfolgerungen, sind ausschließlich diejenigen der Verfasser und geben nicht zwingend die Auffassung der EU-OSHA wieder.

© Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, 2023