

## Aufgabe 02/A1.3

# LISTE DER ROBOTISIERTEN UND AUTOMATISIERTEN AUSRÜSTUNGEN FÜR DEN BAUSEKTOR UND IM ZUSAMMENHANG MIT DEM RISIKO



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Erasmus+

"The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein."





## 1. EINLEITUNG

In diesem intellektuellen Output 2 werden die Schlüsselsituationen vorgeschlagen, die in die 3D-Umgebungen aufgenommen werden sollen. Wie in den Zielen des Arbeitspakets angegeben, werden die Schlüsselsituationen auf früheren Berichten basieren, wobei die Hauptrisikosituationen in Roboterbauunternehmen und die Anwendung von Gesundheits- und Umweltpreventionsmaßnahmen, die derzeit in diesem Sektor angewendet werden, berücksichtigt werden. Diese Situationen werden allen Partnern zugesandt, die etwaige Ergänzungen oder Änderungen, die vorgenommen werden sollten, kommentieren werden.

In dieser Teilaufgabe O2/A1.3 besteht das Hauptziel dieses Berichts in der Zusammenstellung und Definition der wichtigsten robotergestützten und automatisierten Ausrüstungen für den Bausektor sowie in der Definition der damit verbundenen Risiken, um die wichtigsten Risikosituationen zu definieren, die in das SafeCRobot-Lernwerkzeug aufgenommen werden sollen.


## 2. LISTE



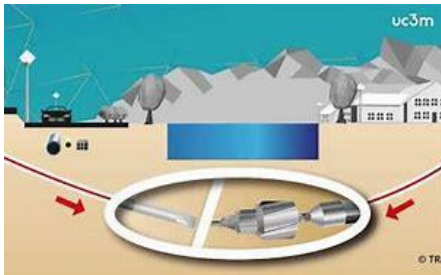
Bezeichnung der robotisierten oder automatisierten Ausrüstung	Bild und Video	Inhärente Risiken
Abbruchroboter	 <p><a href="#">Abbruchroboter - YouTube</a></p> <p><a href="https://www.arerobot.com/?lang=en">https://www.arerobot.com/?lang=en</a></p>	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-mechanische Gefahren durch unbeabsichtigte Bewegungen oder das Loslassen von Werkzeugen.</li> <li>-Kollisionen von Arbeitnehmern mit Geräten, Quetschungen oder Einklemmungen durch Geräte.</li> <li>-Verletzungen durch herabfallende Teile der Ausrüstung.</li> <li>-Fällt auf die gleiche Ebene und stolpert.</li> <li>-Stürze auf verschiedene Ebenen.</li> <li>-verliebt.</li> <li>-Schläge, Schnitte.</li> <li>-Teilchenprojektion.</li> <li>-Elektrische Gefährdung</li> <li>-Schwere Gegenstände, die aus der Höhe fallen</li> </ul>

	 <p><a href="#">Abbruchroboter - YouTube</a></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sturz des Bedieners aus der Höhe</li> <li>-Fehlerhafte Bewertung des Abbruchobjekts (Konstruktion, Festigkeit)</li> <li>-Über die Füße laufen: Knochenbrüche, Amputation von Füßen oder Zehen</li> <li>-Prellungen, Quetschungen, Verbrennungen bei Wartungsarbeiten</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Einatmen von Staub.</li> <li>-Einatmen von Chemikalien</li> <li>-Einatmen von Dämpfen oder Gasen von Maschinen.</li> </ul> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm</li> <li>-Vibrationen</li> </ul>
<p><b>Maurer-Roboter</b></p>	 <p><a href="#">Maurerroboter baut Häuser 3x schneller als Menschen - YouTube</a></p>  <p><a href="#">"Großbritanniens erstes" von einem Roboter gebautes Haus, hergestellt von</a></p>	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-verliebt.</li> <li>-Schläge, Schnitte.</li> <li>-Entrapment</li> <li>-Collision</li> <li>-Gegenstände, die aus der Höhe fallen</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Einatmen von Dämpfen oder Gasen von Maschinen.</li> </ul> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm</li> </ul>

	<a href="#">einem automatischen Maurer - YouTube</a>	
<p><b>Drohne.</b> Für das <b>Laserscanning</b> aus der Luft und auf dem Boden</p>	 <p><a href="#">Die wichtigsten Vorteile des Einsatzes von Drohnen im Bauwesen - YouTube</a></p>  <p><a href="#">Die wichtigsten Vorteile des Einsatzes von Drohnen im Bauwesen - YouTube</a></p>  <p><a href="#">DJI PHANTOM 4 RTK - Ein Paradigmenwechsel für die Bauvermessung - YouTube</a></p>	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Sturz des Bedieners aus der Höhe</li> <li>-Ablenkung der Arbeitnehmer</li> <li>-Collision</li> <li>-Geräteausfall</li> <li>-Verlust der Kontrolle über das Gerät</li> <li>-Sturz oder Aufprall auf ein Bodenhindernis oder eine Person</li> <li>-Gefahren, die sich aus den örtlichen Gelände- und Wetterbedingungen ergeben</li> <li>-Dritte Parteien/Tiere</li> <li>-Brandgefahr</li> <li>-Stromschlag</li> <li>-Fällt auf die gleiche Ebene und stolpert.</li> <li>-Schläge, Schnitte.</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Einatmen von Staub.</li> </ul> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm</li> </ul>



<p><b>Automatisierter Bagger</b></p>	 <p><a href="#">Built Robotics - Autonomer Kettenlader (ATL) - YouTube</a></p>  <p><a href="#">Autonome Baufahrzeuge von Built Robotics - YouTube</a></p>	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fällt auf die gleiche Ebene und stolpert.</li> <li>-Kollisionen, Stürze, Schläge oder Quetschungen durch mobile Maschinen.</li> <li>-Schläge, Schnitte.</li> <li>-Einschleusung,</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Einatmen von Staub.</li> <li>-Einatmen von Dämpfen oder Gasen von Maschinen.</li> </ul> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm</li> </ul>
<p><b>3D-Drucker auf industriellem Niveau</b></p>	 <p><a href="#">Das größte 3d-gedruckte Gebäude - YouTube</a></p> 	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Versagen des Kontrollsystems.</li> <li>-Fehlerhafte Anwendung des Materials baut auf</li> <li>-Fällt auf die gleiche Stufe.</li> <li>-Stürze auf verschiedene Ebenen.</li> <li>-Blows</li> <li>-Pinching</li> <li>-Crushing</li> <li>-Herabfallen von gegriffenen Komponenten</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Einatmen von Staub.</li> <li>-Einatmen von Chemikalien</li> </ul> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm</li> </ul>



	<p><a href="#">REbuild Construction 3DCP - Werbevideo - YouTube</a></p>  	
<p><b>Baustellen-Fehlerdetektor-Roboter in Echtzeit</b></p>	 <p><a href="#">Doxel setzt KI und Roboter ein, um Bauprojekte zu verfolgen - YouTube</a></p>	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fällt auf die gleiche Ebene und stolpert.</li> <li>-Zusammenstöße und Schläge.</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <p><b>Physische Risiken:</b></p>
<p><b>Intelligenter U-Bahn-Roboter für städtische Umgebungen</b></p>	 <p><a href="#">Diseñan un robot subterráneo inteligente para entornos urbanos - YouTube</a></p>	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Stürze auf verschiedene Ebenen.</li> <li>-Brände, Explosionen.</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Einatmen von Staub.</li> <li>-Einatmen von Dämpfen oder Gasen von Maschinen.</li> </ul> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm</li> <li>-Vibrationen</li> </ul>

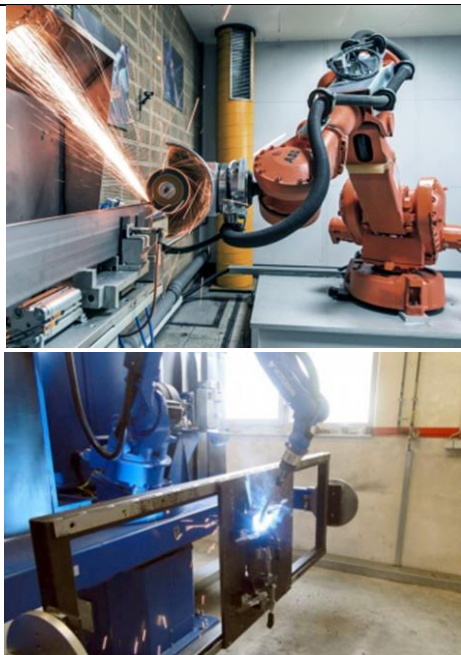
<p><b>Autonomer mobiler Roboter</b></p>	 <p><a href="#">Bouygues Construction setzt autonome und kollaborative Roboter ein: EffiBOT - YouTube</a></p>	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fällt auf die gleiche Ebene und stolpert.</li> <li>-Stürze auf verschiedene Ebenen.</li> <li>-Stöße oder Quetschungen durch Herabfallen der transportierten Ladung.</li> <li>- Zusammenstöße, Abstürze, Schläge oder Quetschungen durch mobile Maschinen.</li> <li>-Einklemmungen, Schläge und Schnitte.</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Einatmen von Dämpfen oder Gasen von Maschinen.</li> </ul> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm</li> </ul>
<p><b>Roboterplattform für den Frachttransport (Dumper)</b></p>	 <p><a href="#">Autonomer Elektro-Transporter HX1 - Innovation in batterieelektrischer Hybridtechnologie - Volvo Concept Labs - YouTube</a></p> 	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fällt auf die gleiche Ebene und stolpert.</li> <li>-Stöße oder Quetschungen durch Herabfallen der transportierten Ladung.</li> <li>-Kollisionen, Stürze, Schläge oder Quetschungen durch mobile Maschinen.</li> <li>-Einklemmungen, Schläge und Schnitte.</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Einatmen von Staub.</li> </ul> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm</li> </ul>

	<a href="#">Autonomes Transportsystem (AHS) von Komatsu - YouTube</a>	
Roboter reproduziert die Bewegungen des Bedieners	 <a href="#">Sarcos Guardian® GT Roboter - YouTube</a>	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Stöße oder Quetschungen durch Herabfallen der transportierten Ladung.</li> <li>-Kollisionen, Stürze, Schläge oder Quetschungen durch mobile Maschinen.</li> <li>-Einklemmungen, Schläge und Schnitte.</li> <li>-Teilchenprojektion.</li> <li>-Brand/Explosionen</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm.</li> </ul>
Gleisbauzüge	 <a href="#">ekorys357 - YouTube</a> <a href="#">Plaser - budowa linii kolejowej 273 - YouTube</a>	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Angeschlagen von einer fahrenden Maschine</li> <li>-Angeschlagen von fahrenden Triebfahrzeugen</li> <li>-Stromschlag durch die Oberleitung der Eisenbahn</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm.</li> </ul>
Selbstkletterschalung	 <a href="#">Schalungslösungen (peri.com)</a>	<p>Das Risiko beim Betrieb und bei der Verwendung, wie z. B. beim Auf- und Abbau, bei der Einstellung der Position, kann zu Schäden führen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Vorlage kollabieren</li> <li>-Sturz aus der Höhe</li> <li>-Anschlag von Gegenständen</li> </ul>




<b>Roboter-Glättkelle</b>	 <p><a href="#">Roboter-Glätter - YouTube</a></p>	<b>Sicherheitsrisiken:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Blows</li> <li>-Schnitte</li> <li>-Entrapment</li> <li>-Collision</li> </ul> <b>Physisches Risiko:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm</li> <li>-Heben/manuelle Handhabung</li> </ul>
<b>Autonomer Lackierroboter</b>	 <p><a href="#">Autonomer Lackierroboter - YouTube</a></p>	<b>Sicherheitsrisiken:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Collision</li> <li>-Crash</li> <li>-Von sich bewegenden Gegenständen getroffen</li> <li>-Entrapment</li> </ul> <b>Chemisches Risiko:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dämpfe Einatmen</li> </ul>
<b>Verglasungsroboter</b>	 <p><a href="#">GGR Verglasungsroboter EMU 500 Einbau von Glas (Ergonomic Manipulating Unit 500) - YouTube</a></p>	<b>Sicherheitsrisiken:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Collision</li> <li>-Crash</li> <li>-Entrapment</li> <li>-Gegenstände, die aus der Höhe fallen</li> </ul>
<b>Gebäudereiniger.</b> Roboter zum Staubwischen und Feuchtwischen		<b>Sicherheitsrisiken:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Ungeplante Bewegung, Umkippen führt zu Prellungen, Quetschungen und Knochenbrüchen.</li> <li>- Allgemeine Gefahr durch batteriebetriebene Geräte (Brandgefahr, Explosion, Stromschlag)</li> <li>- Nichtbeachtung der Arbeitsumgebung</li> </ul>

		<p>(Treppen, Podeste, Geländer aus Glas): Sturz, Umkippen, Zusammenstoß mit Menschen: führt zu Quetschungen, Einklemmungen, Prellungen, Brüchen.</p> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <p>-Lärm.</p>
<b>Roboter-Hund</b>	 <p><a href="#">Entdecke den Roboterhund, der auf Baustellen eingesetzt wird - YouTube</a></p>	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Collision</li> <li>-Crash</li> <li>-Sturz aus der Höhe</li> <li>Muskel-Skelett-Verletzungen durch manuelle Handhabung</li> </ul>
<b>Teilautonomer Bohrroboter</b>		<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-<b>Ungeplante</b> Bewegung, Umkippen: führt zu Prellungen, Quetschungen, Knochenbrüchen;</li> <li>-Allgemeine Gefahr durch batteriebetriebene Geräte (Brandgefahr, Explosion, Stromschlag)</li> <li>-Nichtbeachtung des Bodens (Unebenheiten, Tragfähigkeit): Umsturz, Zusammenstoß mit einem Menschen</li> <li>-Über die Füße laufen: Knochenbrüche, Amputation von Füßen oder Zehen</li> <li>-Verletzungen durch unkontrolliert herausgeschleudertes</li> </ul>

		<p>Material aus dem Bohrloch (nicht robotertypisch)</p> <p><b>Chemische Risiken:</b> -Einatmen von <b>Bohrstaub</b></p> <p><b>Physische Risiken:</b> -Lärm.</p>
<p><b>Metallverarbeitendes Handwerk:</b> Ablängen, Schleifen, Glätten, Profilieren von Metallwerkstücken</p>		<p><b>Sicherheitsrisiken:</b> -Gliedmaßen gelangen in den Arbeitsbereich des Mähroboters: Verletzungen und Amputation durch Abschneiden der Gliedmaßen Gliedmaßen gelangen in den Arbeitsbereich von Beschneide-, Profilier- oder Biegerobotern: Verletzung und Amputation von Fingern, Abschürfungen -Unerwartete Bewegungen des Roboterarms beim Einlegen und Einspannen der Teile: Quetschungen, Quetschungen; Quetschungen, Frakturen</p> <p><b>Chemische Risiken:</b> -Einatmen von Schleifstaub und Schweißdämpfen</p> <p><b>Physische Risiken:</b> -Lärm.</p>
<p><b>Roboter zum Entladen und Palettieren von Teilen</b></p>	 <p><a href="https://youtu.be/3ZUWEJclBhM">https://youtu.be/3ZUWEJclBhM</a></p>	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b> -mechanische Gefahren durch unbeabsichtigte Bewegungen oder das Loslassen von Werkzeugen. -Zusammenstoß von Arbeitnehmern mit Geräten, Quetschen oder Einklemmen durch Geräte.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Verletzungen durch herabfallende Teile der Ausrüstung.</li> <li>-Fällt auf die gleiche Ebene und stolpert.</li> <li>-Stürze auf verschiedene Ebenen.</li> <li>-verliebt.</li> <li>-Schläge, Schnitte.</li> <li>-Teilchenprojektion.</li> <li>-Elektrische Gefährdung</li> <li>-Schwere Gegenstände, die aus der Höhe fallen</li> </ul> <p><b>Chemische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Einatmen von Staub.</li> <li>-Einatmen von Chemikalien</li> <li>-Einatmen von Dämpfen oder Gasen von Maschinen.</li> </ul> <p><b>Physische Risiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lärm</li> <li>-Vibrationen</li> </ul>
<p><b>Steinmetzarbeiten:</b></p> <p>Schneidroboter</p> <p>Schleifroboter</p> <p>Profilierroboter (z.B. für Ornamente, Faden, Kapital)</p>	  	<p><b>Sicherheitsrisiken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Gliedermaßen gelangen in den Arbeitsbereich des Schneidroboters: Verletzungen und Amputationen durch den Ultrahochdruck-Wasserstrahl</li> <li><b>Gliedermaßen</b> gelangen in den Arbeitsbereich von Säge- (z.B. Seilsäge), Schleif- und Profilierrobotern: Verletzung und Amputation von Fingern, Abschürfungen</li> <li>-Unerwartete Bewegungen in den Einrichtungen des Lieferanten, z. B. am Fließband: Stolpern, Stürzen</li> <li>-Schlagverletzungen durch splitternde und weggeschleuderte</li> </ul>



		<p>Steinsplitter (Planungsfehler, Eingabe falscher Maße, etc.) -Schlagverletzungen durch Splitter und weggeschleuderte Steinsplitter (nicht robotertypisch)</p> <p><b>Chemische Risiken:</b> -Einatmen von Schleifstaub</p> <p><b>Physische Risiken:</b> -Lärm.</p>
<p><b>Holzbau, Zimmerer, Tischler:</b> Besäumen, Schneiden, Fräsen, Profilieren von Holz</p>		<p><b>Sicherheitsrisiken:</b> -Gliedmaßen gelangen in den Arbeitsbereich des Mähroboters: Verletzungen und Amputation durch Absägen der Gliedmaßen -Gliedmaßen in den Arbeitsbereich von Fräs- und Profilierrobotern gelangen: Verletzung und Amputation von Fingern, Abschürfungen -Schlagverletzungen durch splitterndes und weggeschleudertes Holzmaterial oder Fremdkörper, z. B. Nägel</p> <p><b>Chemische Risiken:</b> -Einatmen von Sägestaub</p> <p><b>Physische Risiken:</b> -Lärm.</p>

### 3. SCHLUSSFOLGERUNGEN ÜBER DIE AM HÄUFIGSTEN VERWENDETEN GERÄTE

#### SPANIEN:

In Anbetracht der Tatsache, dass der Bausektor in Spanien im Jahr 2019 der drittgrößte Wirtschaftszweig war, der die meisten Arbeitsunfälle mit krankheitsbedingten Ausfällen verzeichnete und die meisten tödlichen Unfälle verursachte, ist die Notwendigkeit der Einführung von Automatismen zur Verbesserung der Sicherheitsbedingungen am Arbeitsplatz offensichtlich.

Die in der erstellten Liste genannten Ausrüstungen verbessern im Allgemeinen die Bedingungen für die Arbeitnehmer im Bausektor. Natürlich verschwinden die Risiken nicht vollständig, aber es gibt eine spürbare Verringerung der Risiken.

Einige der Risiken, die mit dem Einsatz von robotergestützten oder automatisierten Anlagen abnehmen, sind ergonomische Risiken, da sie den Transport und die Verladung von Materialien erleichtern, und das Einatmen von Staub, da in einigen Fällen die Anwesenheit von Menschen nicht erforderlich ist, aber in den Fällen, in denen dies der Fall ist, sind die Arbeitnehmer weniger dem Einatmen von Staub ausgesetzt, da sie sich dank der Fernsteuerung von dem Bereich fernhalten können, in dem der Staub entsteht.

#### POLEN:

Die am häufigsten verwendeten robotisierten und automatisierten Anlagen in Polen sind **Abbruchroboter**. Es werden viele verschiedene Ausrüstungen verwendet, darunter auch eine polnische Produktionsausrüstung: ARE1.0 (ferngesteuerter Abbruchroboter mit Hybridantriebssystem). Zu den mit dem Einsatz dieser Geräte verbundenen Risiken

gehören: mechanische Gefahren, Gefahr des Herabfallens demontierter Elemente, elektrische Gefahren und Lärmbelästigung.

**Drohnen** tauchen immer häufiger auf der Baustelle auf. Drohnen werden zur Überwachung des Baufortschritts, zur 3D-Inventarisierung, zum Scannen von Flächen und für Bauinspektionen eingesetzt. Je nach Zweck werden Drohnen mit unterschiedlichem Design und Gewicht eingesetzt. Die Drohne ist meist mit einer hochauflösenden Kamera, einer Wärmebildkamera oder einem Laserscanner (LiDAR) ausgestattet. Schätzungen zufolge gibt es in Polen derzeit etwa 200.000 Drohnenutzer, von denen einige im Bauwesen eingesetzt werden.

Die in Polen eingesetzten **Erdbewegungsmaschinen** nutzen in begrenztem Umfang Automatisierung und Robotik. Bei den durchgeführten Erdarbeiten werden Fernsteuerungsgeräte eingesetzt. Leider können die verschiedenen Sensoren und Begrenzer der Fernsteuerung den menschlichen Faktor nicht ersetzen.

**3D-Drucker** für den Bau von Gebäuden sind im polnischen Bauwesen eine Seltenheit. Bislang wurde nur ein einziges Projekt für ein gedrucktes Gebäude mit einer kleinen Fläche (7 m<sup>2</sup>) fertig gestellt. Diese Technologie hält in Polen gerade erst Einzug in die Bauindustrie.

**Selbstkletterschalung** wird im Kubaturbau eingesetzt, was die Durchführung der Bauarbeiten erheblich beschleunigt. Die Selbstkletterschalung hat die Sicherheitsleistung im Vergleich zur herkömmlichen Schalung deutlich verbessert. Allerdings steht die Selbstkletterschalung mit ihrer komplexen Struktur immer noch im Mittelpunkt der Sicherheitskontrolle im Bauwesen. Es besteht immer noch ein großes Sicherheitsrisiko beim Betrieb und bei der Verwendung, z. B. beim Auf- und Abbau und bei der Anpassung der Position, was zu einem Einsturz der Schablone, einem Absturz aus der Höhe und einem Aufprall auf Gegenstände führen kann.

Im Tiefbau (im Eisenbahnbau) werden **Gleisbauzüge** eingesetzt, um die Modernisierung bestehender und den Bau neuer Eisenbahnstrecken zu erleichtern. Derzeit wird in Polen das Nationale Eisenbahnprogramm umgesetzt, das über 230 Eisenbahninvestitionsprojekte umfasst, bei denen Arbeitszüge eingesetzt werden.

## VEREINIGTES KÖNIGREICH:

Die Bauindustrie ist eine der gefährlichsten Branchen im Vereinigten Königreich. Die Rate der tödlichen Verletzungen ist mehr als viermal so hoch wie der nationale Durchschnitt (HSE, 2018). Abgesehen von den verursachten Schmerzen und Leiden stellen diese Unfälle und Todesfälle eine erhebliche wirtschaftliche Belastung für die Gesellschaft dar. Schätzungen zufolge belaufen sich allein im Vereinigten Königreich die

jährlichen Kosten der Verletzungen auf über 1,2 Milliarden, was 8 % der Gesamtkosten in allen Branchen ausmacht, sowie auf einen Verlust von 2 Millionen Arbeitstagen (HSE, 2019). Studien deuten darauf hin, dass Bauroboter nicht nur die Produktivität durch die Automatisierung sich wiederholender Aufgaben verbessern können, sondern auch die Sicherheit der an der Bautätigkeit beteiligten Personen erhöhen können, wenn sie "verantwortungsvoll eingesetzt" werden.

Die in der obigen Tabelle aufgeführten intelligenten Maschinen sind diejenigen, die am häufigsten eingesetzt werden oder von denen erwartet wird, dass sie in der britischen Bauindustrie exponentiell eingesetzt werden. PricewaterhouseCoopers (PWC) hat beispielsweise prognostiziert, dass bis 2030 im Vereinigten Königreich 76.233 Drohnen in allen Sektoren in Betrieb sein werden, von denen 4.816 im Baugewerbe und in der verarbeitenden Industrie eingesetzt werden. Gegenwärtig werden Drohnen von Bauunternehmen wie Skanska zu Zwecken wie der Kartierung eingesetzt und dienen auch der Beobachtung des Abbaus von Infrastrukturen wie Autobahnen und Eisenbahnstrecken. Ähnlich ist der Einsatz von Abbruchrobotern im britischen Bausektor, die menschliche Arbeiter bei anstrengenden, schwierigen und risikoreichen Abbrucharbeiten unterstützen können.

Es ist zwar offensichtlich, dass der Einsatz intelligenter Maschinen oder "Cobots" (kollaborative Roboter) im Baugewerbe die Produktivität und Sicherheit verbessern könnte, aber 46 % der Bauarbeiter im Vereinigten Königreich sind besorgt über die wahrgenommenen Sicherheitsrisiken beim Einsatz der Robotertechnologie selbst, was die Bedeutung einer angemessenen Ausbildung, geeigneter Protokolle und Cybersicherheitsmaßnahmen unterstreicht. Allerdings ist anzumerken, dass Cobots, die sich den gleichen Arbeitsbereich mit dem Menschen teilen, ein größeres Sicherheitsrisiko darstellen, als solche, die in Produktionsbetrieben eingesetzt werden, die bewacht werden, um unerwünschte Mensch-Roboter-Interaktionen zu vermeiden, denn Studien, die in Schweden und Japan durchgeführt wurden, legen nahe, dass die Robotik für den Menschen bei der Programmierung, der Wartung oder bei Anpassungen ein Sicherheitsrisiko darstellt, nicht aber unter normalen Betriebsbedingungen.

## DEUTSCHLAND:

Die in der deutschen Bauwirtschaft am häufigsten eingesetzten Roboter sind stationäre Roboter in der Vorfertigung von Bauelementen (Stahlbetonteile, Holzkonstruktionen, Natursteinelemente). Diese sind in der obigen Tabelle gelb hervorgehoben.

**Fast alle Unfälle werden durch unsachgemäßen Gebrauch und durch Nichtbeachtung oder gar Manipulation von Sicherheitseinrichtungen verursacht.**



**Teilautonome Roboter**, die von einem Menschen ferngesteuert werden, sind in Deutschland noch nicht weit verbreitet. Daher gibt es noch keine Statistiken über Unfälle mit diesen Maschinen. Die Gefährdungen sind in den orange markierten Zeilen der Tabelle dargestellt.

**Autonome Roboter** (siehe grün unterlegte Zeile) werden vor allem in der Gebäudereinigung (Facility-Bereich) eingesetzt. Unfälle werden hier vor allem durch ungeschultes Personal verursacht (Fehlbedienung; in der Reinigungsbranche ist die Personalfuktuation sehr hoch; es fehlt oft die Zeit für die Qualifizierung).

Mauerwerksroboter sind ein Zwischenprodukt zwischen halbautonomen und autonomen Robotern. Sie werden durch spezielle Software (auf der Grundlage von CAD oder BIM) gesteuert. Eine menschliche Steuerung ist eher nicht vorgesehen. In Deutschland arbeiten nach Angaben der Berufsgenossenschaft Bau (BG Bau) höchstens 500-1000 Menschen (von ca. 885.000) mit diesen Robotern, meist in Prototypenprojekten. Eine Aussage über Unfälle oder Statistiken ist daher noch nicht möglich.

Schlussfolgerung: Menschliches Verhalten oder Fehlverhalten (Überschätzung der eigenen Fähigkeiten, Leichtsin, Nachlässigkeit, Bequemlichkeit) führt zu Unfällen mit Robotern. Die Lerninhalte sollten sich auf das richtige menschliche Verhalten konzentrieren.

Quellen: Unfallverhütungsvorschriften der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (BG); Handlungsempfehlungen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV); zahlreiche persönliche Gespräche mit Verantwortlichen und Funktionsträgern der DGUV und BG.