



Hand-in-
Greifer mit
dem Roboter:
So nah,
so sicher



Würden Sie einem Roboter die Hand geben? Nein? Verständlich. Denn viele Roboter sind in der Lage, mit ihren beweglichen Teilen hohe Kräfte und Geschwindigkeiten zu entwickeln, die ein Verletzungsrisiko für Menschen darstellen. In der Vergangenheit wurden Mensch und Roboter deshalb mit Schutzzäunen voneinander getrennt. Moderne Sicherheitstechnologien sind heute jedoch in der Lage, die Kraft und Geschwindigkeit des Roboters so zu regulieren, dass der räumliche Abstand zwischen Mensch und Roboter verringert und Berührungen teilweise erlaubt werden können. Zeit für ein Zukunftsszenario, in dem Mensch und Roboter sich gefahrlos die Hand geben können!

ZUKUNFTSSZENARIO 5

Echte »Hand-in-Greifer-Kollaboration« in der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit 2030

Im Jahr 2030 ermöglicht die Kombination unterschiedlicher Sicherheitsfunktionen die gefahrlose »Hand-in-Greifer-Kollaboration« zwischen Mensch und Roboter.

So hautnah, wie Menschen untereinander Hand in Hand zusammenarbeiten, tun dies im Jahr 2030 auch Menschen mit Robotern. Dabei ist es gefahrlos möglich, dass die menschliche Hand und das (Greif-)Werkzeug des Roboters sich in direktem Kontakt berühren. Dies erlaubt z. B. folgende Anwendungen:

- Ein Werkstück wird vom Greifer auf der Arbeitsfläche fixiert bzw. frei schwebend gehalten (**»dritte Hand« für den Menschen**) und dabei von der menschlichen Hand (ggf. mittels Werkzeugen) bearbeitet, oder umgekehrt.
- Mehrere menschliche Hände und/oder mehrere Greifer fixieren bzw. bearbeiten dasselbe Werkstück gleichzeitig.
- Ein Werkstück wird vom Greifer an die menschliche Hand übergeben, oder umgekehrt.
- Werkstücke werden von Greifer zu Greifer weitergereicht.
- Werkstücke werden zwischen menschlichen Händen und Greifern mehrmals übergeben, z. B. in der Abfolge: Hand-Greifer-Hand-Greifer (**Übergabekette**).

- Daneben sind auch weiterhin **indirekte Kollaborationen** im Einsatz, d. h. die menschliche Hand und der Greifer befinden sich in räumlichem und zeitlichem Abstand:
 - o räumlich getrennt z. B. durch ein Übergabefeld, eine Schleuse oder eine gesicherte Zuführung der Werkstücke
 - o zeitlich getrennt, indem z. B. die menschliche Hand das Werkteil bearbeitet, sich dann davon entfernt und erst dann der Greifer das Werkteil bearbeitet
- Statt Greifern können an Roboter-Armen auch andere Werkzeuge angebracht werden, z. B. Schrauber, Fügevorrichtungen, Lötgeräte, Spannungsprüfer etc. Dies stellt erhöhte Sicherheitsanforderungen an die Konstruktion, wenn ein Kontakt dieser Werkzeuge mit dem menschlichen Körper beabsichtigt oder möglich ist.

Damit bei der »Hand-in-Greifer-Kollaboration« die Sicherheit für den Menschen jederzeit gewährleistet ist, arbeiten unterschiedliche Sicherheitssysteme zusammen. Die modulare Kombination von Sicherheitssystemen ermöglicht folgende Funktionen:

- **Lageerkennung von Menschen:** Wo in der Produktion befindet sich ein Mensch? Wie nah ist er am Roboter? Hält er sich in einem sicherheitsrelevanten Bereich auf? Steht er, oder liegt er, wie z. B. nach einem Unfall? Spezielle Handschuhe, Armbänder oder sonstige Signalgeber am Körper des Menschen zeigen dem Sicherheitssystem an, wo sich der Mensch bzw. seine Extremitäten zu diesem Zeitpunkt genau befinden.
- **Lageerkennung von Robotern:** Wo genau befindet sich z. B. der Arm des Roboters? Welchen sicherheitsrelevanten Abstand hat er zum Menschen und zu anderen Objekten, wie z. B. Werkteil, Werkzeugen oder anderen Maschinen?
- **Reichweitenbegrenzung von Roboterarmen:** Die maximal mögliche Reichweite eines Roboterarms wird dreidimensional eingeschränkt und programmiert. Der erlaubte Bewegungsraum des Roboterarms kann als große, unregelmäßige Blase um den Roboter herum gedacht werden.
- **Geschwindigkeitsregulierung:** Wenn sich Menschen oder Objekte dem Roboter nähern, verringert dieser automatisch seine Arbeitsgeschwindigkeit. So wird die Verletzungsgefahr bei einer unplanmäßigen Berührung verringert.
- **Berührung zwischen Mensch und Roboter:** Während früher der Greifarm des Roboters seine Bewegung erst bei Berührung mit dem Menschen oder anderen Objekten stoppte, werden solche Berührungen im Jahr 2030 generell vermieden, z. B. durch kapazitative Sensoren.
- **Handling von Objekten:** Die Maße und Materialeigenschaften von Objekten wie Gewicht, Oberfläche, Verformungsfestigkeit oder Schwingungsverhalten werden automatisch beim Greifen, Transport und bei der Übergabe des Objekts mit dem Roboter-Greifarm berücksichtigt. So kann z. B. die Berührungszone am Objekt oder die aufzubringende Kraft des Greifers optimiert werden.

- **Übergabeorte, Schleusen, temporäre/dauerhafte Trennwände:** Wo ein Sicherheitsabstand zum Roboter erforderlich ist, kann dies durch Pufferzonen oder Abtrennungen der Arbeitsbereiche von Mensch und Roboter erfolgen. Wechseln gefährliche und ungefährliche Arbeitsvorgänge des Roboters sich ab, kann z. B. eine Trennwand auch zeitlich begrenzt in den Arbeitsraum eingefahren werden.
- **Signale zur Abstands- und Gefahrenregulierung:** Bei gefährlicher Annäherung von Mensch und Roboter wird dies durch optische, akustische und haptische (z. B. Vibration) Warnsignale angezeigt. Das breite Spektrum von Signalarten stellt sicher, dass auch Menschen mit teilweiser Sinneseinschränkung (z. B. durch Sehbehinderung) sicherheitsrelevante Situationen rechtzeitig wahrnehmen und Gefahren präventiv vermieden werden.
- **Stabile Leistung von Sensoren:** Auch unter ungewöhnlichen Bedingungen arbeiten die Sensoren von Robotik-Anwendungen zuverlässig und zeigen Sicherheitsabstände stabil an. Ungewöhnliche Bedingungen können z. B. sein: Eingecremte oder nasse Hände des Roboter-Bedienenden, Tragen von Handschuhen, verändertes Hautgewebe des Mitarbeitenden z. B. bei krankheitsbedingter Wassereinlagerung, metallische oder isolierende Einsätze in der Kleidung des Mitarbeitenden oder elektrische Felder im Umfeld des Roboters, die z. B. durch Lampen und Stromleitungen ausgelöst werden.
- **Konventionelle Schutzzäune:** Wo der benötigte Krafteinsatz und die Geschwindigkeit des Roboters zu hoch für eine direkte Mensch-Roboter-Kollaboration sind, werden nach wie vor statische Schutzzäune zwischen Mensch und Roboter eingerichtet.

Intelligente Technologien, die im Jahr 2030 in der Mensch-Roboter-Kollaboration eingesetzt werden, erlauben darüber hinaus weitere Funktionen:

- **»Predictive Safety«:** Auf Basis der Konstellation von individuellen Menschen, Robotern, Werkstücken und Werkzeugen in einem gemeinsamen Arbeitsprozess werden auf der Grundlage großer Datenmengen aktuelle Sicherheitsrisiken für den Mensch-Roboter-Arbeitsplatz berechnet und zeitnah in strengere oder gelockerte Einstellungen (Toleranzen) der Sicherheitssysteme umgesetzt. So wird z. B. ein Nachlassen der Konzentration eines Mitarbeitenden auf Basis seiner individuellen Arbeitsgeschwindigkeit und seiner aktuellen Vitaldaten erkannt. Daraufhin wird z. B. die Taktzahl (Arbeitsfrequenz) des Roboters präventiv herabgesetzt, die maximal zulässige Distanz zwischen Mitarbeitendem und Roboter heraufgesetzt und dem Mitarbeitenden eine andere Aufgabe mit geringeren Konzentrationsanforderungen vorgeschlagen. Auch die Gefährdungs- und Unfallhistorie aller vergleichbaren Robotik-Anwendungen (z. B. desselben Roboter-Typs) fließt in die vorausschauende Vorhersage und Berücksichtigung von Sicherheitsrisiken ein.

- **Personenindividuelle Sicherheit:** Ein weiterer Bestandteil der »Predictive Safety« ist, dass der Roboter individuelle Leistungseinschränkungen des Menschen automatisch berücksichtigt. Dazu zählen Einschränkungen der körperlichen und psychischen Belastbarkeit, die z. B. infolge einer Behinderung oder einer altersbedingten Gesundheitseinschränkung vorliegen. Automatisch werden die Sicherheitsfunktionen des Robotik-Arbeitsplatzes an solche Einschränkungen angepasst. Außerdem bieten die Roboter dem leistungsgewandelten Mitarbeitenden individuelle Unterstützung an (siehe Zukunftsszenario 3 »Dazugehören dank Roboter«).
- **Menschenhandähnliche Greifwerkzeuge:** Manche Greifwerkzeuge der Roboter gleichen der menschlichen Hand. Im Zusammenspiel mit Künstlicher Intelligenz werden deren Greifvorgänge denen der menschlichen Hand immer ähnlicher. Durch die Verwendung von weichen Materialien sinkt die Verletzungsgefahr bei direktem Kontakt zwischen humanoider Roboterhand und menschlichem Körper. Die menschenhandähnlichen Greifwerkzeuge eignen sich besonders für die Unterstützung des Mitarbeitenden als »dritte Hand« oder, zur Unterstützung bei gesundheitsbedingtem Ausfall einer Hand, als »Ersatz-Hand«(siehe Abschnitt »Dazugehören dank Roboter«).

Subjektive Sicherheit: Das persönliche Sicherheitsempfinden bei der Zusammenarbeit mit Robotern ist bei den meisten Menschen im Jahr 2030 hoch. Das liegt vor allem daran, dass Mitarbeitende sich nach jahrelanger Zusammenarbeit mit Robotern an diese gewöhnt haben. Das »Verhalten« der Roboter, wie z. B. die Bewegungsabfolge und Reichweite eines Greifarms in einem Arbeitsprozess, ist vorhersehbar geworden und einer gewohnheitsmäßigen Achtsamkeit gegenüber dem Roboter gewichen. Dazu trägt auch bei, dass Roboter aufgrund ihrer weiten Verbreitung nicht nur im Arbeitsleben, sondern auch im privaten Bereich zur Normalität gehören und vom überwiegenden Teil der Menschen als natürlicher Bestandteil ihres Alltags akzeptiert werden.



