

## Roboter als Verpackungsmaschinen

Sachgebiet Verpackung  
Stand: 14.07.2023

Roboter sind für die unterschiedlichsten Aufgaben einsetzbar und spielen daher auch in der Verpackung eine immer wichtigere Rolle. Immer häufiger arbeiten dabei Mensch und Roboter eng verzahnt zusammen.

Diese Fachbereich AKTUELL beschreibt in der Verpackung häufig vorkommende Formen des Robotereinsatzes (Arbeitssysteme) und die zugehörigen Schutzkonzepte nach dem Stand der Technik.

Es werden zum einen Aspekte für die Gefährdungsbeurteilung erläutert, die vom Arbeitgeber bei der Auswahl eines geeigneten Arbeitssystems zugrunde gelegt werden sollten, und zum anderen Aspekte für die Risikobeurteilung vor der Integration eines Roboters erörtert.

Diese Fachbereich AKTUELL richtet sich an Lieferanten, Hersteller und Betreiber von Arbeitssystemen mit Robotern in der Verpackung.

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Rechtliche Grundlagen</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Begriffserläuterung</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Schutzkonzepte für Roboter in Verpackungsanwendungen</b> .....	<b>4</b>
3.1	Getrennte Arbeitsbereiche von Roboter und Mensch .....	4
3.2	Überlappende Arbeitsbereiche von Roboter und Mensch .....	4
<b>4</b>	<b>Risikobeurteilung bzw. Gefährdungsbeurteilung</b> .....	<b>4</b>
4.1	Allgemeines .....	4
4.2	Risikoermittlung .....	5
4.3	Beispiel Palettierroboter .....	7
<b>5</b>	<b>Kriterien für die Auswahl der geeigneten Roboteranwendung</b> .....	<b>11</b>
5.1	Allgemein .....	11
5.2	Beispiel Palettierroboter .....	11
<b>6</b>	<b>Schutzmaßnahmen für die unterschiedlichen Roboteranwendungen</b> .....	<b>12</b>
6.1	Anwendungen mit getrennten Arbeitsbereichen von Mensch und Roboter und sicherheitsgerichtetem Halt .....	12
6.2	Anwendungen mit überlappenden Arbeitsbereichen von Mensch und Roboter .....	12
6.3	Anwendungen mit überlappendem Arbeitsbereich von Mensch und Roboter, wenn Maßnahmen nach 6.2 nicht permanent eingehalten werden können .....	14
6.4	Beispiel Palettierroboter .....	15
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>16</b>

# 1 Rechtliche Grundlagen

## Gefährdungsbeurteilung

Der Arbeitgeber, der ein Arbeitssystem mit einem Verpackungsroboter einrichtet, muss bereits vor der Beschaffung eine Gefährdungsbeurteilung durchführen.

Gemäß §2 Abs. 3 BetrSichV soll die Gefährdungsbeurteilung „bereits vor der Auswahl und der Beschaffung der Arbeitsmittel begonnen werden. Dabei sind insbesondere die Eignung des Arbeitsmittels für die geplante Verwendung, die Arbeitsabläufe und die Arbeitsorganisation zu berücksichtigen. Die Gefährdungsbeurteilung darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Verfügt der Arbeitgeber nicht selbst über die entsprechenden Kenntnisse, so hat er sich fachkundig beraten zu lassen.“

Gemäß dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung beschafft und integriert der Arbeitgeber (als späterer Betreiber) ein geeignetes Robotersystem mit den erforderlichen Schutzmaßnahmen und setzt die ermittelten betrieblichen Schutzmaßnahmen um.

## Risikobeurteilung

Roboter sind bestimmt zum Zusammenbau mit einem Werkzeug, in der Verpackung in der Regel mit einem Greifer. Ohne dieses Werkzeug und das zugehörige Programm können sie keine bestimmte Funktion erfüllen. Sie sind daher unvollständige Maschinen im Sinne der Maschinenrichtlinie. Dies bedeutet u. a., dass der Integrator, der einen Roboter mit einem Werkzeug, z. B. einem Greifer, zu einer Verpackungsmaschine zusammenfügt und die Funktion programmiert, Hersteller einer Maschine im Sinne der Maschinenrichtlinie ist.

Als Hersteller obliegt es dem Integrator, eine Risikobeurteilung durchzuführen und die Übereinstimmung der Maschine mit der Maschinenrichtlinie zu gewährleisten. Gegenstand dieser Risikobeurteilung ist die "vollständige" verwendungsfertige Maschine mit ihrer bestimmten Funktion als Verpackungsmaschine. Im Beispiel Palettierroboter (siehe Abschnitt 4.3) sind dies der Roboter, das Roboter-Werkzeug, die Steuerung, Sicherheits- und Schutzeinrichtungen und gegebenenfalls Handhabungs- oder Transporteinrichtungen für das Produkt. Betrachtet werden muss neben der bestimmungsgemäßen Verwendung auch die vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung der Maschine und das unbeabsichtigte Verhalten der Bedienpersonen in allen Lebensphasen<sup>1</sup> der Maschine.

Bei der Risikominderung muss der Integrator die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen aus Anhang I der Maschinenrichtlinie (RL 2006/42/EG) sowie die in Abschnitt 1.1.2 jenes Anhangs vorgegebene Maßnahmenhierarchie berücksichtigen:

### 1. Risiken so weit wie möglich beseitigen oder minimieren

Damit ist die inhärente Sicherheit von Maschinen gemeint. Das bedeutet, dass z. B. Antriebe konstruktionsbedingt kraftbegrenzt sind, so dass das Restrisiko der Gefährdungen akzeptabel ist.

<sup>1</sup> Lebensphasen gemäß DIN EN ISO 12100:2011 sind:

- Transport, Montage und Installation;
- in Betrieb nehmen;
- Verwendung;
- Demontage, außer Betrieb nehmen und Entsorgung.

Die Lebensphasen sind auch im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach der Betriebssicherheitsverordnung durch die Betrachtung der Betriebszustände berücksichtigt.

2. **Notwendige Schutzmaßnahmen gegen Risiken ergreifen, die sich nicht beseitigen lassen**  
Hier kommen die technischen Schutzmaßnahmen ins Spiel, wie z. B. die Verhinderung des Zugriffs zu Gefahrstellen mittels trennender Schutzeinrichtungen, Detektion der Annäherung und Stillsetzen von gefahrbringenden Funktionen. Hierunter fallen auch steuerungstechnische Maßnahmen zur Kraft- oder Geschwindigkeitsbegrenzung.
3. **Benutzer über die Restrisiken unterrichten**  
Dies beinhaltet u. a. die Beschreibung von Maßnahmen gegen Restrisiken in der Betriebsanleitung.

Die allgemein gehaltenen Schutzziele der Maschinenrichtlinie werden in verschiedenen Normen konkretisiert. Insbesondere sollten die folgenden Normen für Arbeitssysteme mit Robotern im Bereich der Verpackung angewendet werden. Zusätzlich sollten die aufgeführten weiterführenden Informationen Beachtung finden.

- DIN EN ISO 10218-1 beschreibt die Anforderungen an Industrieroboter selbst.
- DIN EN ISO 10218-2 beschreibt die Anforderungen an die Integration von Industrierobotern.
- DIN EN ISO 13849-1 beschreibt die Anforderungen an die sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen.
- DIN EN 415-10 beschreibt die grundlegenden Anforderungen an Verpackungsmaschinen. Dies schließt Anforderungen an Verpackungsroboter ein.
- DIN EN 415-4 stellt Anforderungen an Roboter zum Palettieren oder Depalettieren.
- ISO/TS 15066 beschreibt u. a. Kraft- und Druckgrenzwerte für den Kontakt des Roboters mit dem Menschen. Eine Überführung der ISO/TS 15066 in die zukünftige, überarbeitete DIN EN ISO 10218-2 ist geplant.
- Die DGUV Information FB HM-080 „Kollaborierende Robotersysteme“ erläutert die ISO/TS 15066 und beschreibt die grundsätzlichen Anforderungen für die Integration von kollaborierenden Robotern.
- Die Messspezifikation für Kraft- und Druckmessungen an Applikationen von kollaborierenden Robotersystemen (MS-ET 01) der BG ETEM gibt Informationen zur Durchführung von Kraft- und Druckmessungen an Applikationen von Robotersystemen.

## 2 Begriffserläuterung

Für Begriffe in Zusammenhang mit Robotern wird auf DIN EN ISO 10218-1 und DIN EN ISO 10218-2 verwiesen. Einige Begriffe aus E DIN EN ISO 10218-2:2021 werden in dieser Fachbereich Aktuell gemäß nachfolgender Auflistung verwendet.

### **Kollaborierende Anwendung**

Anwendung, die eine oder mehrere kollaborierende Aufgabe(n) enthält.

Anmerkung zum Begriff: Kollaborierende Anwendungen können kollaborierende Aufgaben und nichtkollaborierende Aufgaben umfassen.

### **Kollaborierende Aufgabe**

Ein Teil der Robotersequenz, bei dem sich die Roboteranwendung und die Bedienperson in demselben geschützten Bereich befinden.

### **Werkzeug bzw. Greifer**

Vorrichtung, die speziell zum Anbringen an die mechanische Schnittstelle konstruiert ist und mit der der Roboter seine Aufgabe erfüllt.

Anmerkung zum Begriff: Abweichend von der Definition in DIN EN ISO 10218-1 wird in diesem Dokument statt des Begriffs "Endeffektor" der Begriff "Werkzeug" verwendet.

### **Detektionsbereich**

Bereich, innerhalb dessen Objekte, z. B. Körperteile, durch die sensitiven Schutzeinrichtungen erfasst werden.

## 3 Schutzkonzepte für Roboter in Verpackungsanwendungen

Bei Verpackungsanwendungen, z. B. bei der Palettierung, kommen gegenwärtig überwiegend zwei Roboteranwendungen zum Einsatz:

- Anwendungen mit getrennten Arbeitsbereichen
- Anwendungen mit ganz oder teilweise überlappenden Arbeitsbereichen

### 3.1 Getrennte Arbeitsbereiche von Roboter und Mensch

Mensch und Roboter arbeiten in unterschiedlichen, räumlich getrennten Arbeitsbereichen. Die Arbeitsabläufe finden unabhängig voneinander statt. Ein Kontakt zwischen Roboter und Mensch ist nicht vorgesehen und wird verhindert durch eine Kombination von nichttrennenden Schutzeinrichtungen, z. B. Sicherheitslichtschranke über dem Stetigförderer des Vollpalettenauslaufs, und trennenden Schutzeinrichtungen, z. B. im übrigen Bereich. Ein Zugang zum Arbeitsbereich des Roboters ist für bestimmte Arbeitsaufgaben vorhersehbar, z. B. zur Störungsbeseitigung, Wartung oder Reinigung. Der bestimmungsgemäße Zugang zum Gefahrenbereich erfolgt über eine Schutztür (bewegliche trennende Schutzeinrichtung). Beim Öffnen der Schutzeinrichtung wird die Sicherheitsfunktion „sicherheitsgerichteter Halt“ eingeleitet.

Beispiel: Ein Industrieroboter führt Palettieroperationen in einem gesicherten Bereich aus. Packungen und Leerpaletten werden automatisch über Stetigförderer zugeführt, Vollpaletten werden ebenfalls automatisch über Stetigförderer abtransportiert. Ein Zugang zum gesicherten Bereich erfolgt z. B. zur Störungsbeseitigung, wenn herabgefallene Packungen entfernt werden.

### 3.2 Überlappende Arbeitsbereiche von Roboter und Mensch

In diesem Arbeitssystem arbeiten Mensch und Roboter räumlich in einem überlappenden Arbeitsbereich. In diesem können die Arbeitsabläufe gleichzeitig oder zeitlich getrennt erfolgen. Ein Kontakt zwischen Roboter und Mensch ist im Normalbetrieb nicht erforderlich, dieser ist jedoch bei einem längeren Aufenthalt und/oder aufgrund des gemeinsamen Arbeitsbereichs möglich.

Beispiel 1: Eine Bedienerperson stellt fertige Packungen auf einem Tisch bereit, danach nimmt der Roboter diese Packungen und platziert sie auf einer Palette.

Beispiel 2: Ein Roboter palettiert Packungen auf zwei benachbarten Paletten. Zunächst wird eine Palettenladung vervollständigt, dann die andere. Eine Bedienerperson holt volle Paletten vom ersten Palettierplatz ab und platziert eine leere Palette auf dem ersten Palettierplatz, während der Roboter weiterhin auf den zweiten Palettierplatz palettiert.

## 4 Risikobeurteilung bzw. Gefährdungsbeurteilung

### 4.1 Allgemeines

Um die geeignete Form des Robotereinsatzes und die zugehörigen Schutzmaßnahmen zu ermitteln, ist die genaue Analyse und Beurteilung der Arbeitssituationen bei den unterschiedlichen Arbeitsaufgaben in allen Lebensphasen erforderlich. Hieraus ergibt sich das Schutzkonzept für den Verpackungsroboter.

Im Abschnitt 4.2 werden die charakteristischen Risikoelemente aufgeführt, die für die Auswahl des Schutzkonzeptes eines Verpackungsroboters betrachtet werden müssen und es werden Hinweise für die Risikobeurteilung wie auch für die Gefährdungsbeurteilung vor der Beschaffung gegeben.

## 4.2 Risikoermittlung

### 4.2.1 Funktionsanalyse

Das Risiko ergibt sich aus der Verletzungsschwere und der Eintrittswahrscheinlichkeit des schädigenden Ereignisses im Hinblick auf die bestimmungsgemäße Verwendung und die vorhersehbare Fehlanwendung. Für das Schutzkonzept ist es sinnvoll, sich zunächst Gedanken über die Arbeitsaufgaben und -abläufe des Roboters und der Bedienperson zu machen, da sich hieraus u. a. die potenziellen Gefährdungssituationen ergeben. Bei Verpackungsanwendungen von Robotern stehen vor allem (aber nicht ausschließlich) die mechanischen Gefährdungen im Mittelpunkt der Betrachtung. Aufgrund der auftretenden Kräfte und Geschwindigkeiten, der Form von Bauteilen sowie der Art der Bewegung bzw. Einwirkung lässt sich die mögliche Verletzungsschwere abschätzen.

Das Risiko ist u. a. abhängig von:

- der Komplexität der Anwendung, z. B. Produkt nach einem Palettierschema palettieren, Paletten bereitstellen, Zwischenlagen einlegen
- den Arbeitsabläufen, die aus den verschiedenen Arbeitsaufgaben resultieren:
  - vorhersehbare Eingriffe bzw. Zugangsanlässe, z. B. vorgesehene Bedienhandlungen, Eingriffe bei möglichen Störungen oder Fehlzuständen und vernünftigerweise vorhersehbare Eingriffe
  - mit den Arbeitsabläufen verbundene Bewegungsräume bzw. -wege des Roboters
  - Platzbedarf der Anwendung/ Geometrie des Roboters, z. B. Höhe, Greifweite, Drehbereich
  - erforderliche Leistung und Geschwindigkeit
  - erforderliche Verfügbarkeit
  - Produktvielfalt
  - Eigenschaften der Produkte wie Masse, Form oder Konsistenz (hat u. a. Einfluss auf die Gestaltung der Werkzeuge, Bewegungen)
  - benötigte Werkzeuge, z. B. Greifwerkzeuge
- den Schnittstellen zu angrenzenden Arbeitssystemen
- dem vorhersehbaren Personenkreis; eine Einschränkung des Personenkreises hinsichtlich der Qualifikation kann nicht vorausgesetzt werden
- menschlichen Verhaltensweisen sowie dem vorhersehbaren Fehlgebrauch, z. B. reflexiver Zugriff, Unachtsamkeit

### 4.2.2 Gefährdungen

Bei der Zusammenarbeit von Mensch und Roboter stehen die mechanischen Gefährdungen im Fokus der Betrachtung, z. B. Quetschen, Scheren, Stoßen (1. Spalte der Tabelle 1). Die nachfolgende Tabelle ist nicht abschließend.

Tabelle 1 Liste signifikanter Gefährdungen an Verpackungsrobotern (nicht abschließend)

Art der Gefährdung	Ursprung/ Gefährdungssituation	Mögliche Folgen
<b>Quetschen</b>	Annäherung bewegter Teile untereinander oder zu feststehenden Teilen	reversible bis irreversible Verletzungen, ggf. mit Todesfolge
<b>Scheren</b>	Relativbewegungen bewegter Teile untereinander oder zu feststehenden Teilen in geringem Abstand	reversible bis irreversible Verletzungen, ggf. mit Todesfolge
<b>Stoßen</b>	Aufprall bewegter Teile auf den Körper oder auf Körperteile	reversible bis irreversible Verletzungen, ggf. mit Todesfolge
<b>Schneiden, Stechen</b>	Kontakt mit einem bewegten oder feststehenden scharfkantigen oder spitzen Gegenstand	reversible bis irreversible Verletzungen, ggf. mit Todesfolge
<b>Erfasst werden und Aufwickeln von Körperteilen sowie Kleidung, Haaren</b>	Mitnahme von Körperteilen oder des Körpers durch rotierende oder sich linear bewegende Teile	reversible bis irreversible Verletzungen, ggf. mit Todesfolge
...		

#### 4.2.3 Einwirkungen auf Personen / Verletzungsschwere

Die Folgen eines Gefährdungsereignisses (Schwere und Art der Verletzung, z. B. Amputation, Knochenbruch, Hautverletzung, Hämatom, Verlust des Sehvermögens) sind abhängig von:

- mechanischen Einwirkungen
  - Kraft: u. a. abhängig von Masse und Geschwindigkeit
  - Druck: abhängig von Kraft und Fläche bzw. Form, z. B. führen Spitzen oder scharfe Kanten zu einem höheren Druck
  - Art der Einwirkung wie Stoßen, Quetschen oder Scheren: u. a. abhängig vom Einsatzort bei mobilen Arbeitssystemen

Aus der Verwendung und den Abläufen ergeben sich die möglichen Einwirkungen auf Personen.

- betroffenen Körperteilen
  - Bestimmung der Körperteile, die der Einwirkung ausgesetzt sein können

#### 4.2.4 Eintrittswahrscheinlichkeit

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Gefährdung wirksam wird, hängt ab von der Gefährdungsexposition, von der Wahrscheinlichkeit des Eintritts des Gefährdungsereignisses und von der Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens.

- Die **Gefährdungsexposition** ist abhängig von Aufenthaltshäufigkeit und -dauer. Diese sind abhängig von den Tätigkeiten in den unterschiedlichen Lebensphasen, z. B.:
  - Betrieb: ergänzende Arbeiten oder Handreichungen (dauerhafte Anwesenheit)
  - Betrieb: Packmittel nachlegen (häufig und kurzzeitig)
  - Störungsbeseitigung: Beseitigen von Produktstau (häufig und kurzzeitig)
  - Reinigung (häufig bis gelegentlich, kurzzeitig bis längerfristig)
  - Instandhaltung (selten und kurzzeitig bis länger)
  - Einrichten/Teachen/Prüfen (selten bis häufig und kurzzeitig bis länger)



- Die **Wahrscheinlichkeit des Eintritts des gefährdenden Ereignisses** hängt von einer Vielzahl konstruktiver Merkmale ab. Z. B. ist unerwarteter Anlauf bewegter Teile nach Standby im Normalbetrieb sehr wahrscheinlich, betriebsmäßige Bewegungen sind zu erwarten. Ein unerwarteter Anlauf aufgrund des Ausfalls einer Sicherheitsfunktion (Maßnahme gegen die vorgenannten Risiken) hängt von der Zuverlässigkeit der Sicherheitsfunktion einschließlich ihrer Bauteile und Gestaltung ab.
- Die **Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens** kann unter bestimmten Voraussetzungen gegeben sein. Z. B. ist Ausweichen möglich, wenn die Geschwindigkeit gering und die Bewegungsrichtung vorhersehbar ist, falls die Bedienperson die Gefahr erkennen kann (und nicht z. B. durch ihre Arbeitsaufgabe abgelenkt wird) und wenn ausreichend Platz zum Ausweichen zur Verfügung steht. Anmerkung: Die Vorhersehbarkeit gilt in der Regel nicht für Rotationsbewegungen oder in Klemmsituationen.

## 4.3 Beispiel Palettierroboter

### 4.3.1 Beschreibung der Beispielanwendung

Anhand eines Beispiels soll im Folgenden die Vorgehensweise bei der Risikobeurteilung erläutert werden.

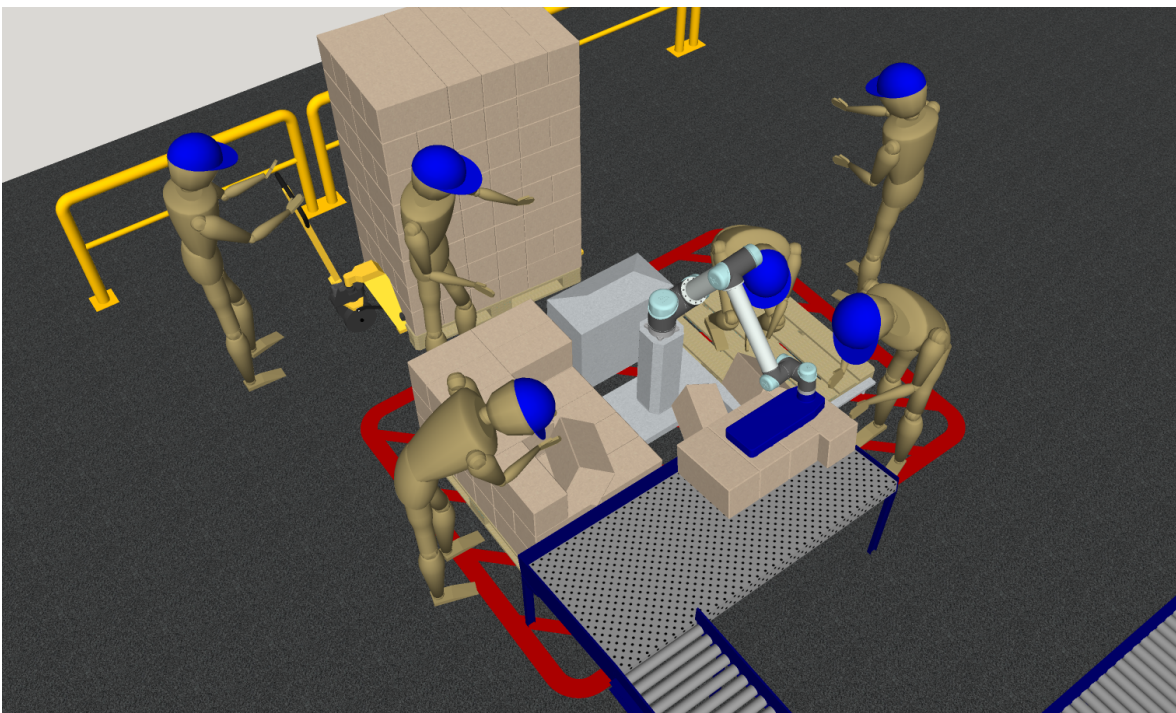


Abbildung 1: Kollaborierender Palettierroboter mit möglichen Eingriffspositionen der Bedienperson

Die folgenden **Rahmenbedingungen** werden angenommen:

- **Platzbedarf der Anwendung/Geometrie des Roboters:**

Die maximale Höhe der Kartons auf der Palette beträgt 180 cm. Der Roboter ist auf einer Standsäule montiert und hat eine Reichweite von max. 150 cm + Ausmaße des Werkzeugs. Er kann sich um 360° drehen.

Erforderliche Leistung und Geschwindigkeit des Roboters: Es sind bis zu 6 Takte pro Minute gefordert. Zur Einhaltung des vorgegebenen Taktes können sich für die vom Roboter weiter entfernten Kartonpositionen höhere Geschwindigkeiten des Roboterarms ergeben als für die näher gelegenen.

- **Erforderliche Verfügbarkeit der Anwendung:**

Es sind zwei nebeneinander angeordnete unabhängig voneinander arbeitende Palettierstationen vorhanden. Je nach Auslastung können beide Palettierer gleichzeitig palettieren.
- **In der Anwendung zu palettierende Produkte:**
  - Produktvielfalt:

Kartons aus Wellpappe beliebiger Größen (LxBxH) von 20x20x10cm bis 40x30x30cm.
  - Masse oder Form der Produkte:

Produktgewichte zwischen 300g und 3000g, unabhängig von der Größe. Die Form ist immer ein normaler Karton mit entsprechenden Kanten.
  - Benötigte Werkzeuge:

Es wird ausschließlich ein Sauggreifer verwendet, der das Produkt von oben ansaugt. Dieser besitzt 8 Saugnäpfe, von denen sich einzelne Saugnäpfe getrennt ansteuern lassen, um mehrere kleinere oder einzelne Kartons zu greifen. Es sind Pneumatikschläuche entlang des Roboterarms bis zum Werkzeug geführt.
- **Schnittstellen zu angrenzenden Arbeitssystemen:**

Eine Schnittstelle befindet sich zwischen Zuführförderer und Roboter. Bei der Aufnahme der Kartons bewegt sich der Roboter mit dem Werkzeug über den Förderer. Es sind keine weiteren Schnittstellen zu anderen Maschinen vorhanden.
- **Personenkreis:**

Eine Einschränkung des Personenkreises hinsichtlich der Qualifikation kann nicht vorausgesetzt werden.
- **Menschliche Verhaltensweisen / vorhersehbare Fehlanwendung:**

Wenn keine trennenden Einbauten vorhanden sind, kann ein versehentlicher bzw. reflexiver Zugriff zum Arbeitsbereich nicht ausgeschlossen werden. Zudem ist zu erwarten, dass bei fehlerhafter Beladung der Palette (z. B. beschädigter Karton) ein gezieltes Eingreifen erfolgt und sich Personen in den Gefahrenbereich begeben.
- **Normalbetrieb**

Der Roboter nimmt einzelne gefüllte Kartons mit einer Masse von üblicherweise weniger als 9 kg von einem Förderer und setzt diese auf eine Europalette. Die Bewegungen des Roboterarmes zwischen Band und Palette sind vorhersehbar. Die Bedienperson fährt die vollen Paletten weg und setzt eine leere Palette an der Palettierposition ab.

Eine übliche Störung ist das Herunterfallen von Kartons während der Bewegung des Roboterarmes. Die Bedienperson stapelt heruntergefallene Kartons in der Regel manuell auf die Palette.
- **Reinigung/ Wartung/ Reparatur**

Der Arbeitsbereich wird arbeitstäglich gereinigt. Regelmäßige Wartungsarbeiten sind nur in geringem Umfang erforderlich.
- **Störungsbeseitigung**

Vorhersehbare Eingriffe bzw. Zugangsanlässe der Bedienperson:  
Eingriffe bei Störungen durch heruntergefallene Produkte. Bei unvollständig oder schlecht geschlossenen Kartons sind häufige Fehlzustände zu erwarten. Die Fehlerbeseitigung ist daher meist an vorgeschalteten Maschinen notwendig.



### 4.3.2 Gefährdungen am Palettierroboter

Tabelle 2 listet – nicht abschließend – mechanische Gefährdungen an einem Palettierroboter auf.

Tabelle 2 Liste signifikanter mechanischer Gefährdungen an einem Palettierroboter für Kartons (nicht abschließend)

Art der Gefährdung	Ursprung/ Gefährdungssituation	Mögliche Folgen
<b>Quetschen</b>	Person wird zwischen bewegtem Roboterarm und Fördereinrichtung, Gebäudeteilen, oder Palette etc. eingeklemmt, Körperteil wird vom schließenden Greifwerkzeug eingeklemmt, Körperteil wird von sich unter Schwerkraft absenkendem Roboterarm auf den Boden gedrückt	je nach ausgeübter Kraft und Form der beteiligten Teile reversible bis irreversible Verletzungen, ggf. mit Todesfolge potenziell betroffene Körperteile: alle
<b>Scheren</b>	Person oder Körperteil befindet sich zwischen dem Roboterarm, der in geringem Abstand über eine Fördereinrichtung oder die Palette schwenkt, Körperteil gerät zwischen ineinander bewegte Greiffinger oder Gabelzinken, Anpressplatten senken sich über einen Karton	je nach ausgeübter Kraft reversible bis irreversible Verletzungen (insbesondere Amputationen), ggf. mit Todesfolge potenziell betroffene Körperteile: alle
<b>Stoßen</b>	Person wird getroffen von schwenkendem oder ausfahrendem Roboterarm (ggf. mit Produkt) oder von herausgeschleudertem Produkt oder Werkzeug	je nach ausgeübter Kraft und Form der beteiligten Teile reversible bis irreversible Verletzungen, ggf. mit Todesfolge  potenziell betroffene Körperteile: alle
<b>Schneiden, Stechen</b>	Einwirkung bewegter scharfkantiger Kartonzuschnitte, Einwirkung einer bewegten scharfkantigen Greiferplatte	je nach ausgeübter Kraft und Schärfe der Kante reversible bis irreversible Verletzungen, ggf. mit Todesfolge  potenziell betroffene Körperteile: insbesondere Kopf, Kehlkopf, Rumpf, obere Gliedmaßen
<b>Erfasst werden und Aufwickeln von Körperteilen sowie Kleidung, Haaren</b>	Bewegter Roboterarm oder Greifer erfasst Körperteile und zieht diese mit	reversible bis irreversible Verletzungen (Sturzverletzungen, Quetschverletzungen, Schürfwunden)  potenziell betroffene Körperteile: alle
<b>Stoßen, Quetschen</b>	Herabfallen von Teilen bei nicht formschlüssigen Greifern, z. B. Vakuumgreifern	je nach ausgeübter Kraft und Form der beteiligten Teile reversible bis irreversible Verletzungen, ggf. mit Todesfolge  potenziell betroffene Körperteile: alle
...		

### 4.3.3 Eintritt des Ereignisses am Palettierroboter

Typisch für **Aufenthaltshäufigkeit und -dauer** sind z. B.

- Palettenwechsel im Normalbetrieb:  
ca. alle 10 Minuten pro Palette, ca. 20 s lang (häufig und kurzzeitig)
- Störungsbeseitigung:  
Aufheben und Zurücklegen von herabgefallenen Kartons:  
bei kleinen und leichten Packungen ggf. häufiger als bei großen und schweren Packungen: ca. 6-mal pro Stunde (abhängig von der Maßhaltigkeit und Qualität der Packung auch häufiger), ca. 10 s bis 30 s (häufig und kurzzeitig);  
bei Korrektur einer kompletten Lage ist die Häufigkeit geringer, der Zeitaufwand allerdings höher
- Reinigung:  
in der Regel 1-mal/Schicht (z. B. Boden fegen/saugen), ca. 10 Minuten lang

Typisch für den **Eintritt von Gefährdungsereignissen** am betrachteten Palettierroboter sind z. B.

- unerwartetes Absenken des Roboterarmes unter Schwerkraft: durch den elektrischen Roboterantrieb mit Selbsthemmung: sehr selten
- unerwarteter Wiederanlauf im Automatikbetrieb nach Standby, ausgelöst durch einlaufende Packungen: häufig
- vorgesehene Bewegung des Roboterarmes beim Palettiervorgang während des Betriebes: ständig
- Herabfallen von Kartons: selten bis häufig, je nach Greifertechnologie und Produkt

Die Möglichkeit zur **Vermeidung oder Begrenzung des Schadens** ist typischer Weise gegeben, wenn

- die Bewegung mit geringer Geschwindigkeit erfolgt und die Bewegungsrichtung vorhersehbar ist,
- das Erkennen der gefährdenden Bewegung durch die Bedienperson aufgrund der Arbeitsaufgabe wahrscheinlich ist,
- ausreichend Platz zum Ausweichen gegeben ist.

Bei unerwartetem Anlauf ist eine Vermeidung der Kollision in der Regel nicht möglich.

**Ohne geeignete Maßnahmen** können beim betrachteten Palettierroboter während des Normalbetriebs z. B. die folgenden **Gefährdungssituationen mit der angegebenen Wahrscheinlichkeit** eintreten. Aus den Parametern Aufenthaltshäufigkeit und -dauer, Wahrscheinlichkeit des Ereigniseintritts und Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens lässt sich eine Gesamtwahrscheinlichkeit für eine Gefährdungssituation abschätzen.

- Bewegung des Roboterarmes in den Palettenwechselbereich während des Palettenwechsels: mittel
- Abnehmen einer Packung durch den Roboter vom Förderer während der Anwesenheit einer Person: mittel bis hoch
- Aufheben einer heruntergefallenen Packung während des Palettiervorgangs: mittel bis hoch
- Manuelles Korrigieren des Lagenschemas während des Palettiervorgangs: mittel
- Betreten des Bewegungsbereichs des Roboters aus Unachtsamkeit während des Palettiervorgangs: mittel bis hoch

Das **Gesamtrisiko** ergibt sich aus der Kombination der Schadensschwere und der Gesamtwahrscheinlichkeit für eine Gefährdungssituation.

## 5 Kriterien für die Auswahl der geeigneten Roboteranwendung

### 5.1 Allgemein

Für die Verpackungsanwendung muss eine der in Abschnitt 3 beschriebenen Formen von Roboteranwendungen ausgewählt werden. Hierzu sind die nachfolgenden Überlegungen hilfreich.

Grundsätzlich ist eine kollaborative Arbeitsweise mit überlappenden Arbeitsbereichen nur dann möglich, wenn die inhärent sicheren Kraft- und Druckwerte nach Anhang M von E DIN EN ISO 10218-2:2021 eingehalten werden.

Bei der Kombination der in Abschnitt 3 beschriebenen Schutzkonzepte kann z. B. der Roboter bei Abwesenheit von Personen unter bestimmten Voraussetzungen (z. B. geringes Risiko durch Herausschleudern von Produkt) wie in einem getrennten System arbeiten. Bei Detektion einer Person in einem vorgegebenen Bereich wird auf die kollaborative Betriebsart nach Abschnitt 6.2 umgeschaltet. Wenn die kollaborative Betriebsart nicht mehr eingehalten werden kann, erfolgt ein sicherheitsgerichteter Halt.

Für eine **Arbeitsweise mit trennenden Schutzeinrichtungen** sprechen:

- hohe Leistung des Gesamtsystems, da diese Leistung in der Regel hohe Bewegungsgeschwindigkeiten des Roboterarmes zur Folge hat
- große zu bewegende Massen (Produkt, Werkzeug, Roboterarm), da diese Massen hohe Kräfte des Roboters erfordern
- Das Auslösen der Bewegung und die Bahn des Robotersystems sind schwer vorher zu bestimmen und können variieren.
- Die Kräfte und Drücke des Greifers sind hoch.
- Das Packstück kann aufgrund der Funktionsweise des Greifers herabfallen oder weggeschleudert werden.

Eine **kollaborierende Arbeitsweise** ist unter folgenden Bedingungen möglich:

- geringe Leistung des Gesamtsystems mit geringen Geschwindigkeiten, bei denen die zulässigen biomechanischen Kraft- und Druckgrenzen nicht überschritten werden und ein Herausschleudern der Last nicht anzunehmen ist
- ausreichender Aufstellungsraum des Roboters zur Einhaltung eines ausreichenden Mindestabstandes (Schutztrennungsabstand) und zu feststehenden Objekten
- geringe Masse und Fallhöhe der gehandhabten Produkte bei möglichem Versagen des Greifers (z. B. bei Vakuumgreifern)
- Greifer und Roboter können bei der Arbeitsaufgabe die zulässigen Kraft- und Druckgrenzen sicher einhalten, u. a. durch Vermeidung von Spitzen und Kanten an bewegten Teilen (durch große Flächen, rundliche Formen, Polsterung etc.). Die sichere Kraft-Momenten-Begrenzung muss die Anforderungen eines PLr = d mit einer Kategorie 3 nach DIN EN ISO 13849-1 erfüllen.

### 5.2 Beispiel Palettierroboter

Aufgrund der in Abschnitt 4.3.1 beschriebenen Parameter kommt eine kollaborierende Arbeitsweise für die Beispiel-Anwendung grundsätzlich in Frage. Voraussetzung hierfür ist, dass die in Abschnitt 6.2 genannten Maßnahmen durchgeführt werden (können). Anderenfalls ist eine getrennte Arbeitsweise erforderlich.

## 6 Schutzmaßnahmen für die unterschiedlichen Roboteranwendungen

### 6.1 Anwendungen mit getrennten Arbeitsbereichen von Mensch und Roboter und sicherheitsgerichtetem Halt

Bei getrennten Arbeitsbereichen wird hinsichtlich der Sicherung des Gefahrenbereichs der Stand der Technik für Verpackungsanwendungen in den Normen der Reihe DIN EN 415 beschrieben.

Die Gefahrenbereiche sind durch eine Kombination trennender und nicht trennender Schutzeinrichtungen abgesichert. Bei Zugang über verriegelte oder nicht trennende Schutzeinrichtungen erfolgt immer ein sicherheitsgerichteter Halt. Für besondere Betriebsarten, z. B. Teachen, sind besondere Schutzkonzepte erforderlich.

### 6.2 Anwendungen mit überlappenden Arbeitsbereichen von Mensch und Roboter

#### 6.2.1 Maßnahmen am Roboter

Die Reduzierung mechanischer Risiken basiert bei Verpackungsanwendungen im Wesentlichen auf der biomechanischen Kraft- und Druckbegrenzung beim Kontakt mit dem Roboter. Daher sind folgende Bedingungen einzuhalten:

1. Im Rahmen einer Funktions- und Bewegungsanalyse für den Roboter nach Anhang M von E DIN EN 10218:2021 sowie möglicher Bewegungsszenarien der Bedienpersonen wird festgelegt, welche Körperteile bei einem Kontakt betroffen sein können. Daraus ergeben sich die zulässigen Kraft- und Druckgrenzwerte, welche messtechnisch überprüft werden müssen.
2. Bei einer erforderlichen Leistung (z. B. Stückzahlen) kann es sein, dass ein einzelner Roboter die zulässigen Werte überschreitet. In diesem Fall kann die Arbeitsaufgabe z. B. auf zwei oder mehrere Robotersysteme verteilt werden, die dann die Werte wieder einhalten.
3. Auch bei Einhaltung der inhärent sicheren Werte ist eine häufige oder regelmäßige Berührung von Bedienpersonen zu verhindern, z. B. durch Verwendung berührungslos wirkender anstatt taktile Schutzeinrichtungen.
4. Das Gesamtschutzkonzept der Anwendung muss bei bestimmungsgemäßer Verwendung und vorhersehbarer Fehlanwendung den Kontakt mit dem Kopf von Personen ausschließen bzw. auf eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit reduzieren, z. B. durch Begrenzung des Bewegungsbereichs oder durch Verwendung von Teilschutzeinrichtungen. Ansonsten sind nur sehr geringe Geschwindigkeiten und bewegte Massen erlaubt um die Grenzwerte einzuhalten. Eine Kollision mit dem Kehlkopf oder den Augen ist unter keinen Umständen zulässig.
5. Die Zuverlässigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen der Steuerung (Performance Level PL) nach DIN EN ISO 13849-1 muss mindestens PLr = d Kategorie 3 entsprechen. Dies gilt auch für die Überwachung der sicheren Geschwindigkeit und die Kollisionserkennung bzw. Kraftbegrenzung.
6. Veränderungen an sicherheitsrelevanten Einstellungen im Roboter-Programm müssen mittels geeigneter Maßnahmen, z. B. Passwort-Schutz, einem begrenzten befähigten Personenkreis vorbehalten sein. Bei Änderungen von risikobetreffenden Einflussgrößen, z. B. Bahnverlauf, Geschwindigkeit, Eigenschaften des Werkstücks, muss durch neue biomechanische Messungen überprüft werden, ob die auftretenden Kräfte und Drücke die biomechanischen Grenzwerte nach E DIN EN ISO 10218-2:2021, Anhang M einhalten.
7. Um Änderungen im sicherheitsgerichteten Teil des Roboter-Programms erkennen zu können, ist eine Dokumentation der Prüfsumme erforderlich. Sobald sich eine Einstellung am Sicherheitsprogramm ändert, ändert sich auch diese Prüfsumme. Die aktuelle Prüfsumme wird meist an der Bedienoberfläche des Roboters angezeigt. Die Dokumentation dieser Prüfsumme

kann zum Beispiel durch ein offizielles Dokument im Rahmen des Übergabeprotokolls, auf dem Stromlaufplan, in der Betriebsanleitung, oder ggf. auch im Vertrag erfolgen. Jeder Betreiber sollte eine entsprechende Dokumentation vorweisen können.

8. Es muss mindestens eine Not-Halt-Einrichtung vorhanden sein. Beim Betätigen eines Not-Halt-Befehlsgeräts müssen alle gefährlichen Funktionen sofort stoppen und dürfen ohne eine manuelle Rücksetzung und einen Startbefehl nicht wieder anlaufen.
9. Die Veränderung von sicherheitsbezogenen Teilen der Steuerung durch Fernzugriff darf nicht ohne örtliche Freigabe des Fernzugriffs möglich sein. Während der erforderlichen Überprüfung der durchgeführten Änderung muss gewährleistet sein, dass keine Personen gefährdet werden, u. a. durch Absperrung des Arbeitsbereichs, Beschränkung des Personenzugangs und durch Beaufsichtigung.

### 6.2.2 Maßnahmen am Greifer

Der Gestaltung des Greifers kommt eine besondere Bedeutung zu. Dieser wird vom Roboter häufig mit hoher Geschwindigkeit bewegt und muss dabei das Produkt sicher festhalten. Um das Verletzungsrisiko beim Kontakt mit der Bedienperson zu reduzieren, sollte

1. der Greifer eine gepolsterte Oberfläche aufweisen und außen abgerundet ausgeführt sein, damit die zulässigen Druckwerte nicht überschritten werden,  
Anmerkung: Eventuelle Auswirkungen der Polsterung auf Klemmsituationen oder die Erkennung einer Kollision sind zu bewerten.
2. bei pneumatisch angetriebenen Greifern, die das Produkt klemmen, der Druck begrenzt werden,
3. bei der Produktaufnahme durch sich absenkende senkrechte Greiferplatten die Quetsch- bzw. Scherkraft zwischen Greifer und feststehenden Teilen oder Produkten reduziert werden, z. B. durch bewegliche Befestigung der Greiferelemente.
4. Wenn ein herabfallendes oder herausgeschleudertes Produkt eine Gefährdung darstellt, muss der Greifer so gestaltet sein, dass es nicht zum Verlust des Produktes bei Bewegung des Roboterarms kommt. Zudem muss dann der Greifer das Objekt sicher halten, wenn es zu einem Energieverlust an der Maschine kommt.

### 6.2.3 Messung

Für die Beurteilung, ob der Roboter ohne Schutzeinrichtungen betrieben werden darf, müssen die Kräfte und Drücke, die bei Kontakt mit der Bedienperson auftreten können, bekannt sein. Diese müssen durch Messungen nach Anhang N von E DIN EN ISO 10218-2:2021 ermittelt und in einem Messprotokoll dokumentiert werden.

Das Messverfahren muss geeignet sein, um Kontaktsituationen zwischen Mensch und Roboter hinreichend zu erfassen. Dazu werden bestimmte technische Daten, wie z. B. Federkonstanten und Dämpfungselemente der Kraftmessgeräte vorgegeben. Die Messung nach Anhang N von E DIN EN ISO 10218-2:2021 nach Festlegung von Bewegungsszenarien nach Anhang M dieses Normentwurfs ist hierzu ein geeignetes Verfahren. Hinweise dazu finden sich insbesondere in der DGUV Information FB HM-080 bzw. der Messspezifikation für Kraft- und Druckmessungen an Applikationen von kollaborierenden Robotersystemen (MS-ET-01) der BG ETEM.

Man unterscheidet bei den Kräften zwischen dynamischen und statischen Kräften. Dynamische Kräfte sind solche, die über einen kurzen Zeitraum von in der Regel bis zu 0,5 s nach einem Stoß des Roboters gegen den menschlichen Körper auftreten. Als statische Kräfte bezeichnet man solche, die über eine längere Zeit hinaus einwirken, z. B. beim Einklemmen von Körperteilen. In beiden Fällen sind die Grenzwerte nach E DIN EN ISO 10218-2:2021, Anhang M einzuhalten. Die Definition der Messpunkte muss anhand der Risikobeurteilung unter Berücksichtigung der vorhersehbaren



Tätigkeitsszenarien und Aufenthalte erfolgen. Dabei sind Worst-Case-Zustände sowie vorhersehbare Störungen und Verhaltensweisen zu beachten, außerdem die Gefährdung durch das Produkt.

Bei allen Änderungen am Bewegungsablauf, z. B. für neue Produktverpackungen, muss dieser Bewegungsablauf neu gemessen und bewertet werden.

Roboter in der Verpackung, die ihre Bewegungsabläufe eigenständig optimieren, können erst nach Abschluss der Optimierung durch Messung bewertet werden.

### **6.3 Anwendungen mit überlappendem Arbeitsbereich von Mensch und Roboter, wenn Maßnahmen nach 6.2 nicht permanent eingehalten werden können**

Die Sicherheit basiert im Wesentlichen auf der Detektion der Bedienperson bei Annäherung und in der Folge der Reduktion von Geschwindigkeit und Kraft auf unkritische Werte und einem sicherheitsgerichteten Stopp bei Überschreitung der Grenzwerte.

Wenn während des Normalbetriebs der Zugang zum Bewegungsbereich des Roboters erforderlich ist, werden berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) wie Laserscanner eingesetzt, um beim Zugang zum oder während des Aufenthalts im Bewegungsbereich des Roboters die Bedingungen nach Abschnitt 6.2 (kollaborierender Betrieb) herzustellen. Wenn die Reduzierung von Kraft und Druck, z. B. durch Geschwindigkeitsreduzierung, nicht realisiert werden kann, müssen die gefahrbringenden Bewegungen sicher stillgesetzt werden.

Der durch die berührungslos wirkende Schutzeinrichtung überwachte Bereich muss so groß sein, dass beim Betreten die Roboterbewegung rechtzeitig angehalten oder auf einen ungefährlichen Wert (s.o.) verlangsamt wird. Die DIN EN ISO 13855 legt Mindestabstände auf der Basis der zu erwartenden Annäherungsgeschwindigkeiten und der Ansprech- und Anhaltezeit der gefahrbringenden Bewegung fest.

Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind, darf die sichere Reduzierung der Geschwindigkeit nach dem Verlassen des Detektionsbereichs automatisch wieder aufgehoben werden:

1. Der Detektionsbereich eines waagerechten Laserscanners ist so groß, dass der Gefahrenbereich vollständig abgedeckt ist. Zusätzlich ist gewährleistet, dass der Mindestabstand, der zum rechtzeitigen Abschalten der gefahrbringenden Bewegung erforderlich ist, eingehalten ist.
2. Innerhalb des Detektionsbereichs existiert kein Schattenbereich, in dem ein gefährdetes Objekt, z. B. ein Körperteil, nicht erkannt wird.

Bei überlappenden Arbeitsbereichen wird durch berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen der Bewegungsbereich des Roboters auf den Bereich begrenzt, in dem keine Personen detektiert werden, so dass Roboter und Bedienperson nicht aufeinandertreffen können. Wenn ein gleichzeitiger Aufenthalt möglich ist, muss der Roboter in dieser Zeit im überlappenden Bereich die Anforderungen nach Abschnitt 6.2 erfüllen.

Für die zu treffenden Schutzmaßnahmen gelten insbesondere die folgenden Anforderungen:

1. Für alle Lebensphasen bzw. Betriebssituationen müssen geeignete Schutzmaßnahmen getroffen sein, z. B. muss für Tätigkeiten bei unwirksamer Schutzeinrichtung eine Zustimmungs- bzw. Tippeinrichtung vorhanden sein.
2. Die Schutzeinrichtungen müssen so ausgewählt und angeordnet werden, dass sie nicht auf einfache Weise umgangen oder manipuliert werden können. Beispielsweise könnte die Schutzwirkung einer Schaltmatte durch eine darüber gelegte Palette außer Kraft gesetzt werden, die Schutzmatte könnte übersprungen werden, der horizontale Detektionsbereich des Laser-Scanners könnte durch Aufsteigen auf Maschinenteile umgangen werden.
3. Der Schutzbereich der berührungslos wirkende Schutzeinrichtung des Roboters sollte durch eine gut sichtbare Markierung gekennzeichnet werden, um ein unbeabsichtigtes Auslösen zu vermeiden. Bei der Unterweisung von Beschäftigten, die Zugang zum Aufstellungsort des Roboters haben, sollten die Kennzeichnungen erläutert werden.

Bei Ortsveränderung der Anwendung müssen die Randbedingungen wie Verkehrsbereiche und Mindestsicherheitsabstände erneut betrachtet werden.

## 6.4 Beispiel Palettierroboter

Aufgrund der vorausgehenden Betrachtungen wurden folgende Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen ausgewählt und als hinreichend für eine Minderung des Risikos auf ein akzeptables Maß bewertet:

- Am Zuführband wurden die Gefahrstellen konstruktiv beseitigt, so dass dieses ohne trennende Schutzeinrichtungen betrieben werden kann.
- Das Design des Roboters verfügt über abgerundete Oberflächen, insbesondere an den Gelenken.
- Der Greifer ist ein Sauggreifer mit abgerundetem Design und verfügt über gepolsterte Kanten.
- Quetsch- und Scherstellen zwischen festen Einbauten und dem Roboterarm sind durch die Einhaltung hinreichender Abstände vermieden.
- Die Produktmasse ist für die geforderten Geschwindigkeiten gering genug, so dass keine unzulässig hohen Kräfte und Drücke am System auftreten können.
- Der Verlust eines Kartons im Transportprozess wird steuerungstechnisch erkannt und der Roboter stoppt. Ein Wiederanlauf kann nur mit einer bewussten Handlung der Bedienperson zum Starten des Roboters erfolgen.
- Am Roboter werden steuerungstechnische Maßnahmen umgesetzt:
  - Kraft und Geschwindigkeit sind sicher begrenzt.
  - Durch die Programmierung des Bewegungsablaufes werden Quetsch- und Scherstellen zwischen Werkzeug und dem Zuführband weitgehend eliminiert.
  - Der Bewegungsablauf wurde optimiert.
  - Das Anwenderprogramm und die Sicherheitsparameter sind gegen unbefugte Veränderung gesichert, z. B. durch ein Passwort.
  - Der Bewegungsbereich wurde auf den notwendigen Arbeitsbereich begrenzt durch Sicherheitsebenen und Gelenkbegrenzungen.
  - Die Sicherheitsfunktionen, die zur Aufrechterhaltung der vorgenannten Bedingungen erforderlich sind, sind in Performance Level PL = d Kategorie 3 ausgeführt.

Durch die Kombination dieser Risikominderungsmaßnahmen kann auf eine Bereichsüberwachung, z. B. durch Laserscanner, verzichtet werden.

Weitere Maßnahmen, die aus der Gefährdungsbeurteilung des Betreibers resultieren können, beinhalten:

- Markierungen auf dem Boden, die den Arbeitsbereich des Roboters kennzeichnen,
- ein Geländer, das das unbeabsichtigte seitliche Eintreten von Personen in den Arbeitsbereich des Roboters verhindert,
- ggf. persönliche Schutzmaßnahmen, wie das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung (z. B. Schutzbrille),
- regelmäßige Unterweisung der Beschäftigten.

## 7 Zusammenfassung

Die Konfiguration von Arbeitssystemen in der Verpackung unter Einbeziehung von Robotern stellt besondere Anforderungen an die Risikobeurteilung und Gefährdungsbeurteilung. Für eine sichere Gestaltung müssen alle Aspekte wie Arbeitsabläufe, Arbeitsumgebung und Produkte betrachtet werden. Auch geringfügige Änderungen, insbesondere an der Software oder bei Ortsveränderung, können eine umfängliche Neubewertung einschließlich biomechanischer Messungen am Robotersystem erforderlich machen.

Diese Fachbereich AKTUELL beruht auf dem durch den Fachbereich Nahrungsmittel, Sachgebiet Verpackung, der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV zusammengeführten Erfahrungswissen sowie auf Erkenntnissen aus dem Unfallgeschehen.

Die geltenden Anforderungen an Arbeitssysteme mit Robotern ergeben sich aus den anzuwendenden Rechtsvorschriften zum Inverkehrbringen und zur Benutzung von Arbeitsmitteln.

Die Bestimmungen nach einschlägigen Gesetzen und Verordnungen bleiben durch diese Fachbereich AKTUELL unberührt.

## Bildnachweis

Die gezeigte Abbildung wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Abbildung 1 – Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)

---

## Herausgeber

Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)  
Fax: 030 13001-9876  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

Sachgebiet Verpackung  
im Fachbereich Nahrungsmittel  
der DGUV [www.dguv.de/fb-nahrungsmittel](http://www.dguv.de/fb-nahrungsmittel) > Webcode: d137345

Die Fachbereiche der DGUV werden von den Unfallkassen, den branchenbezogenen Berufsgenossenschaften sowie dem Spitzenverband DGUV selbst getragen. Für den Fachbereich Nahrungsmittel ist die Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN) der federführende Unfallversicherungsträger und damit auf Bundesebene erster Ansprechpartner in Sachen Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit für Fragen zu diesem Gebiet.