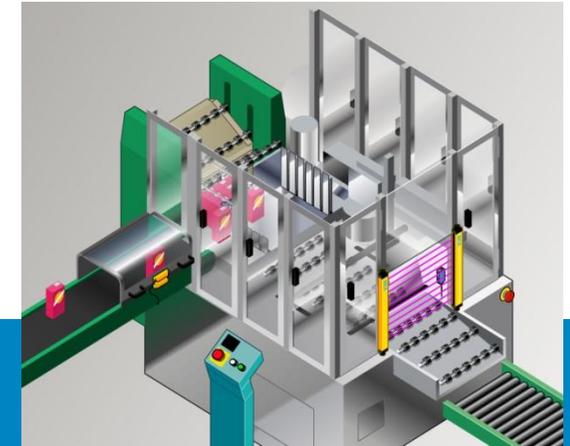




hochschule aschaffenburg
university of applied sciences



SICK
Sensor Intelligence.
TEKO



Sichere Maschinen - Risikominderung

Vorgehensweise : Konstruieren - Schützen - Warnen

Messen, Steuern, Mechatronik

TEKO Luzern – Rolf Camenzind

Risikominderung

- : Der Hersteller ist verpflichtet :
- : Die Gefahren die mit seiner Maschine verbunden sind zu bewerten

= RISIKOBEURTEILUNG

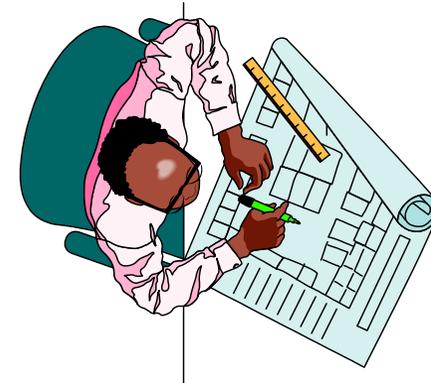
- : und die Maschine anhand der Ergebnisse der Risikobeurteilung zu bauen

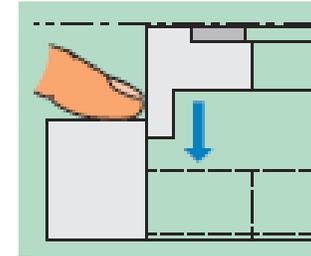
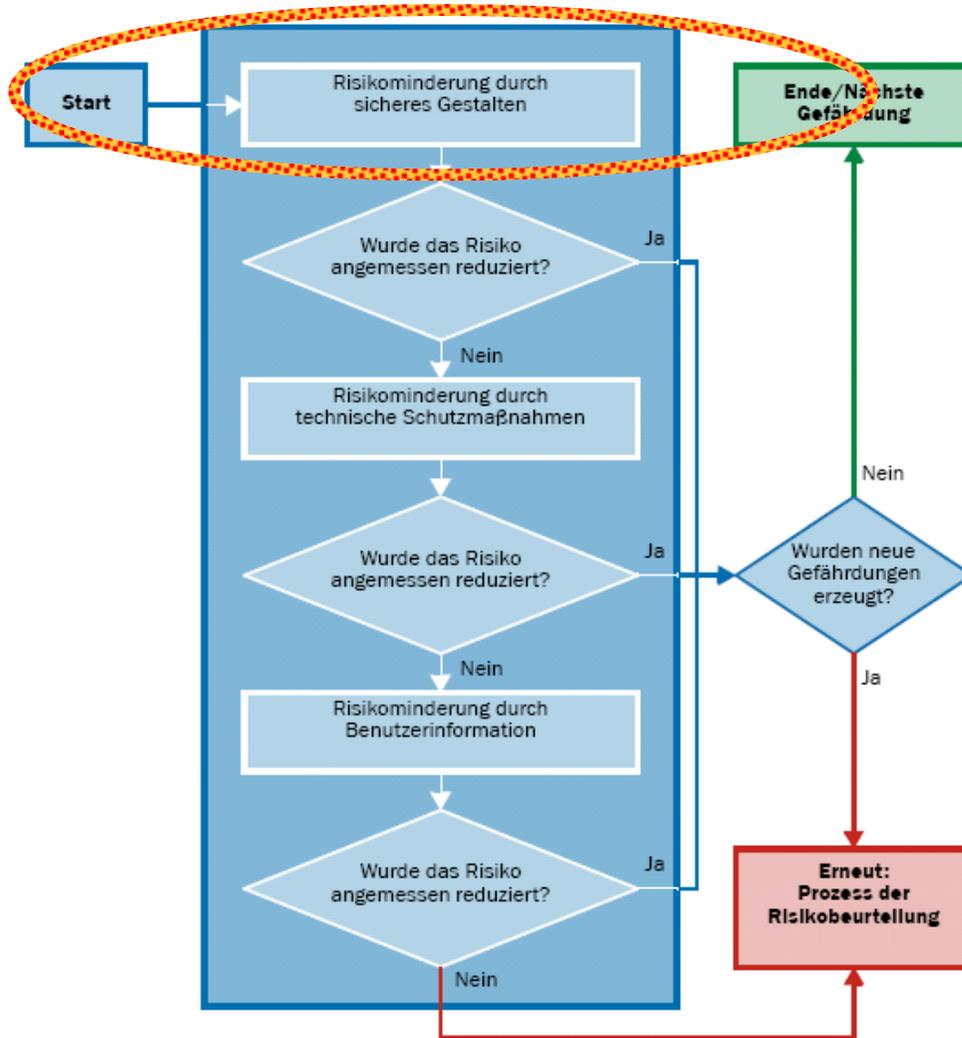
= RISIKOMINDERUNG



: Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze, Risikobeurteilung & Risikominderung

- Vorwort
 - Einleitung
 - 1 Anwendungsbereich
 - 2 Normative Verweisungen
 - 3 Begriffe
 - 4 Strategie zur Risikobeurteilung und Risikominderung
 - 5 Risikobeurteilung
 - 6 Risikominderung
 - 7 Dokumentation zur Risikobeurteilung und Risikominderung
-
- : Anhang A (informativ) Schematische Darstellung einer Maschine
 - : Anhang B (informativ) Beispiele für Gefährdungen, Gefahrensituationen und Gefährdungsereignisse
 - : Anhang C (informativ) Dreisprachiges Verzeichnis der in EN ISO 12100 verwendeten Fachwörter und -ausdrücke
 - : Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EC
 - : Literaturhinweise



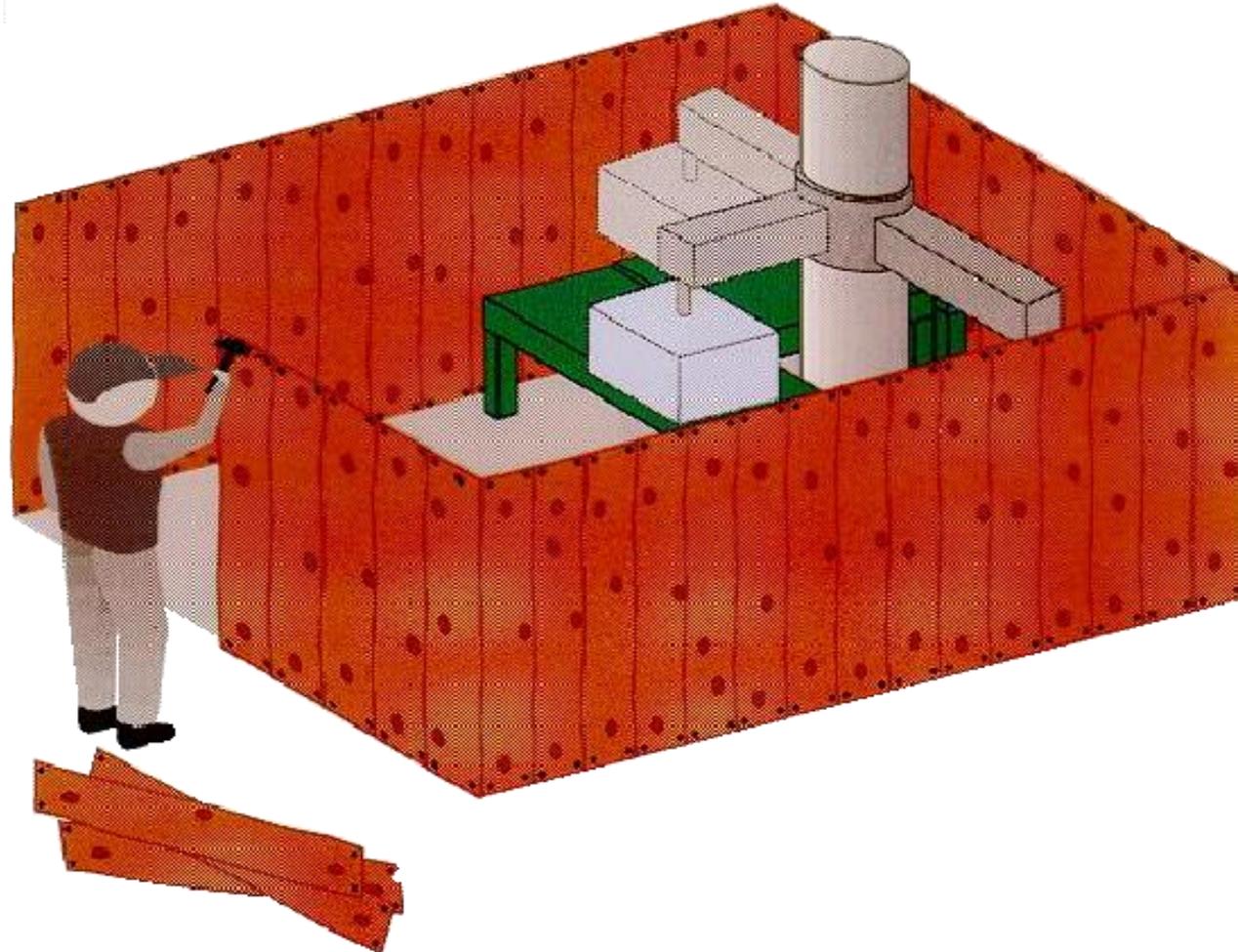


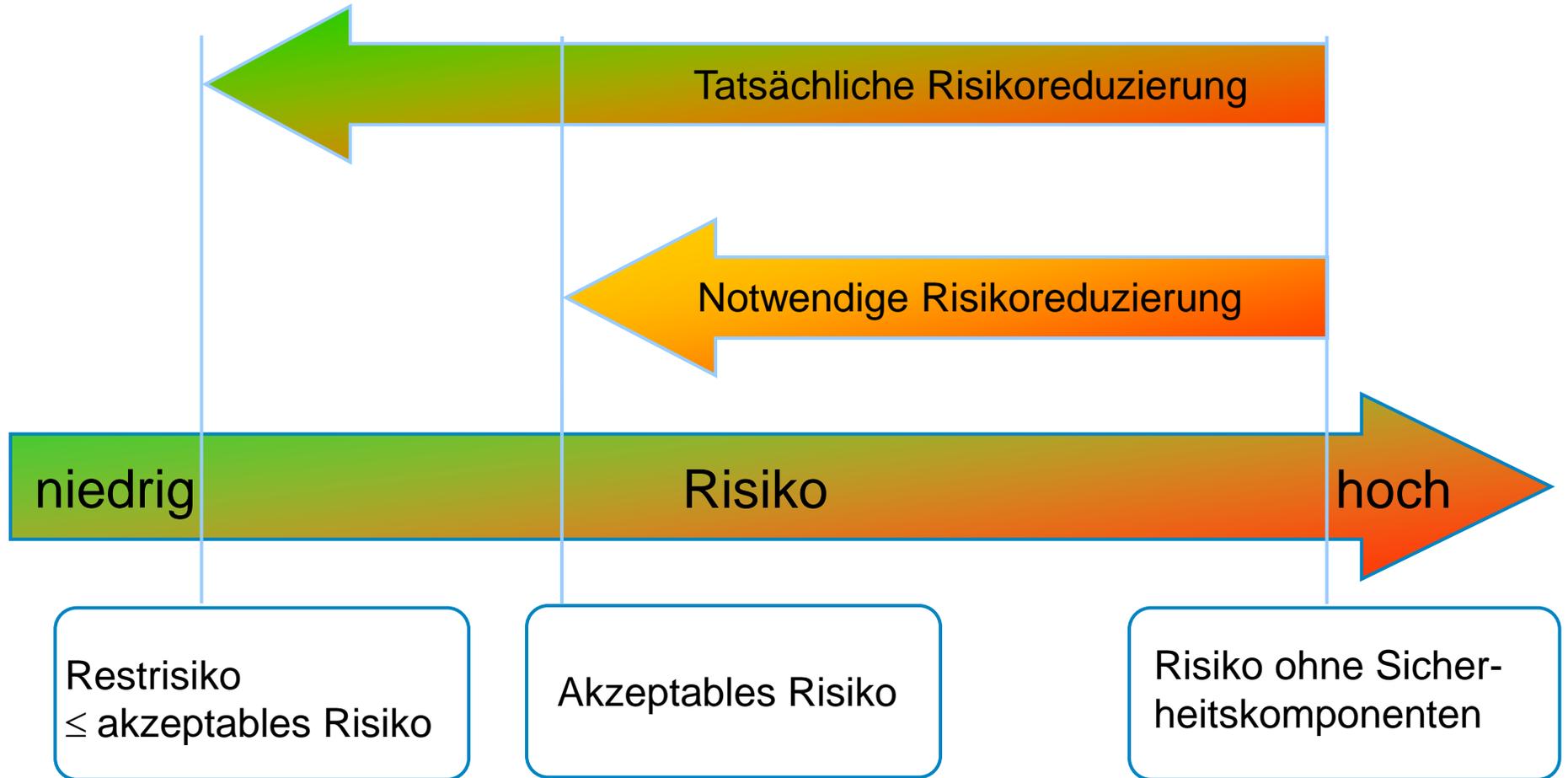
Sicheres Gestalten

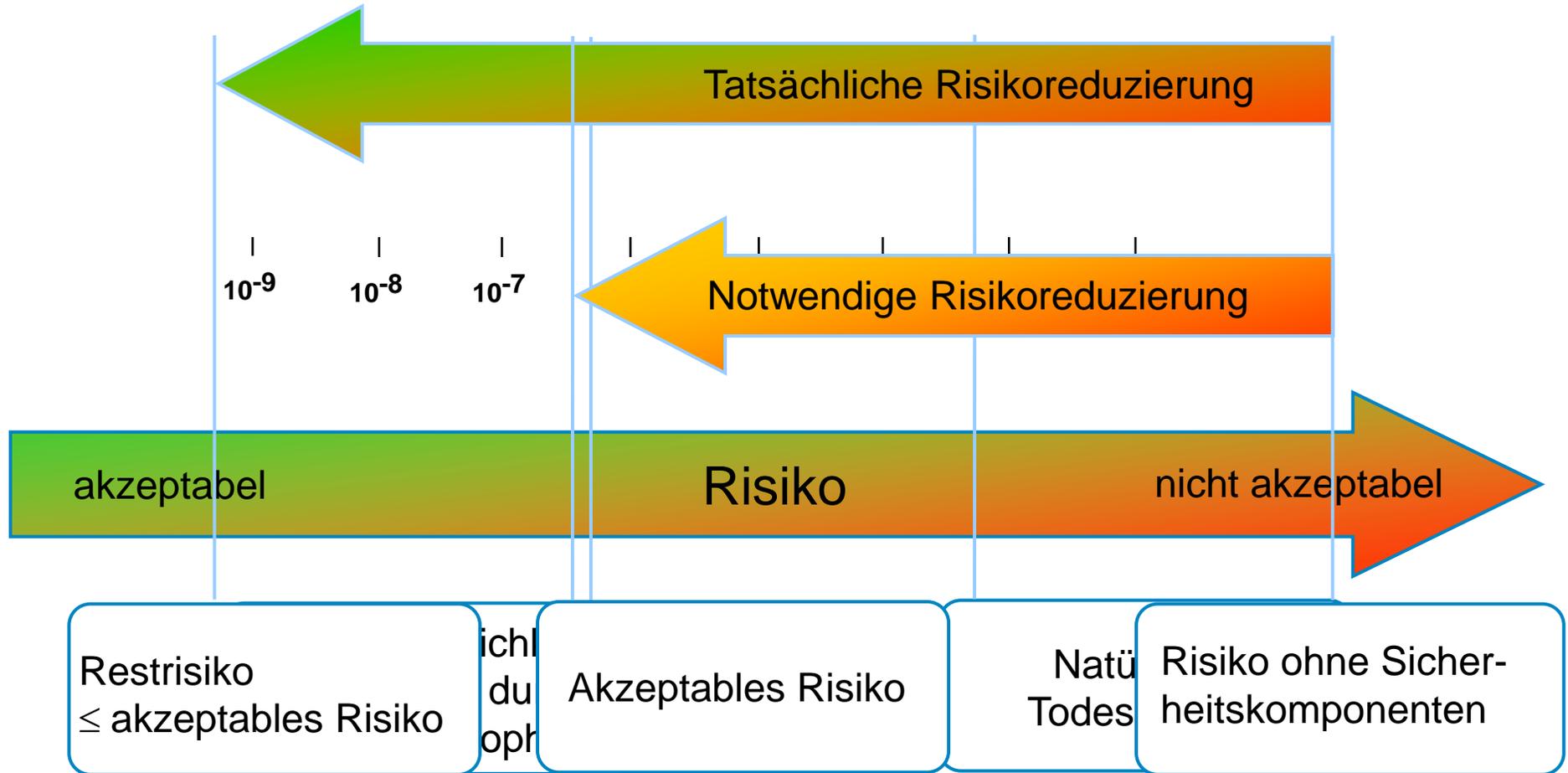
- Mechanische Gefährdung - Beispiel



Sicher, aber nicht effizient



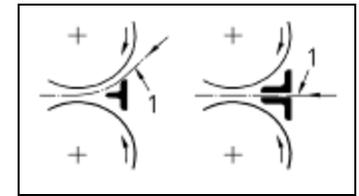


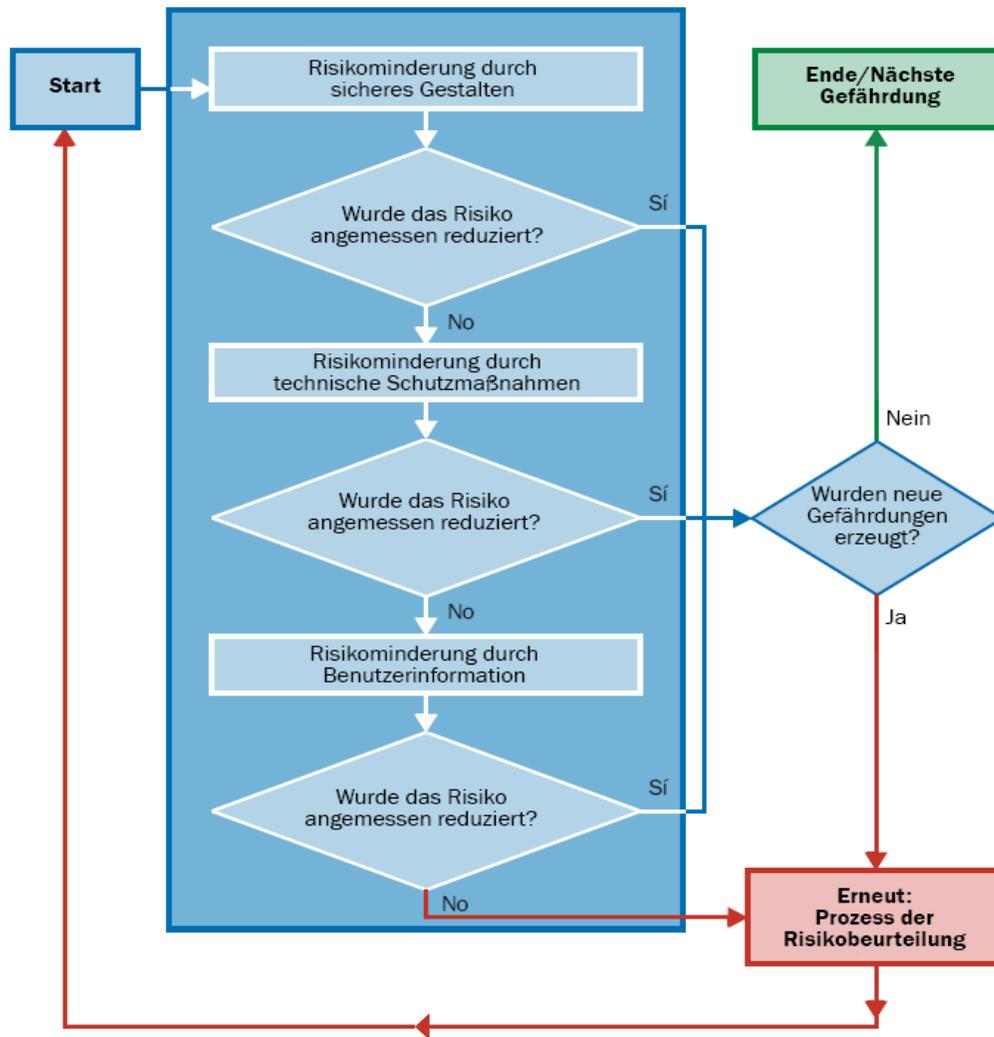


Die Maschinenrichtlinie fordert die sichere Gestaltung von Maschinen

Der Maschinenkonstrukteur muss hierbei folgende Vorgehensweise und Reihenfolge einhalten :

- : Beseitigung oder Minimierung der Risiken so weit wie möglich (Integration der Sicherheit in Konstruktion und Bau der Maschine)
- : Ergreifen der notwendigen Schutzmaßnahmen gegen Risiken, die sich nicht beseitigen lassen
- : Unterrichtung der Benutzer über die Restrisiken aufgrund der nicht vollständigen Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen. Auf eine eventuell erforderliche spezielle Ausbildung oder Einarbeitung und persönliche Schutzausrüstung hinweisen

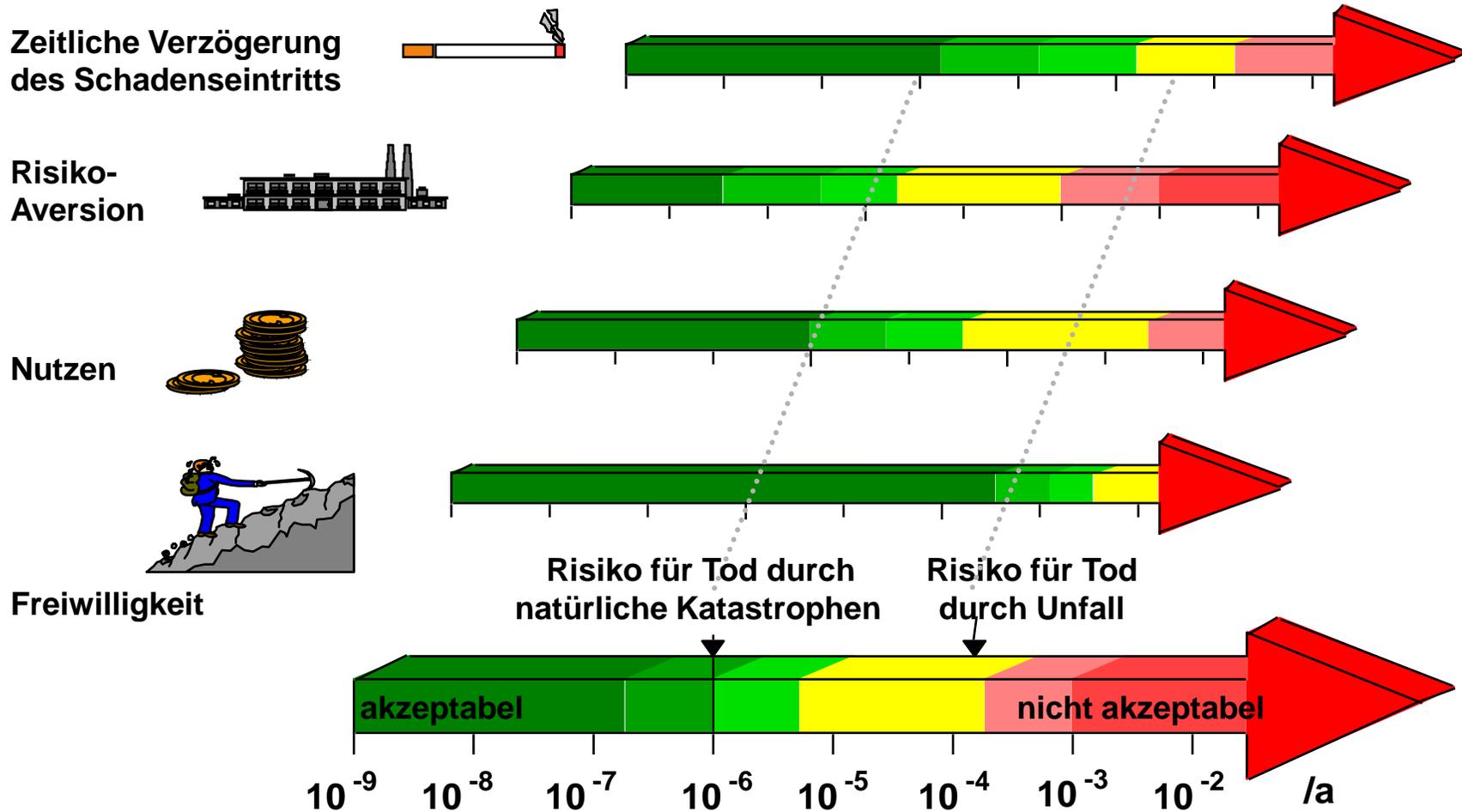




Auswahl von Schutzmaßnahmen

Alle Schutzmaßnahmen für den Personenschutz dürfen erst angewendet werden wenn die vorhergehenden Maßnahmen erschöpft sind

Risikoakzeptanz : Funktion verschiedener Einflüsse



- : Berücksichtigung von geometrischen Faktoren und physikalischen Aspekten
- : Berücksichtigung des allgemeinen technischen Wissens zur Konstruktion von Maschinen
- : Auswahl geeigneter Technologien
- : Anwenden des Prinzips der mechanisch zwangsläufigen Wechselwirkung zwischen Bauteilen
- : Vorkehrungen für die Standsicherheit
- : Vorkehrungen für die Instandhaltbarkeit
- : Beachten ergonomischer Grundsätze
- : Verhüten elektrischer Gefährdung
- : Vermeiden von Gefährdungen durch pneumatische und hydraulische Ausrüstungen
- : Anwenden von Maßnahmen zur inhärent sicheren Konstruktion von Steuerungen
- : Minimieren des Ausfalls von Sicherheitsfunktionen
- : Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Zuverlässigkeit der Ausrüstung
- : Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Mechanisierung oder Automatisierung von Belade- (Beschickungs-) / Entlade- (Entnahme-) arbeiten
- : Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Schaffung von Einricht- und Wartungsstellen außerhalb von Gefährdungsbereichen

: Maßnahmen gegen Bauteilversagen

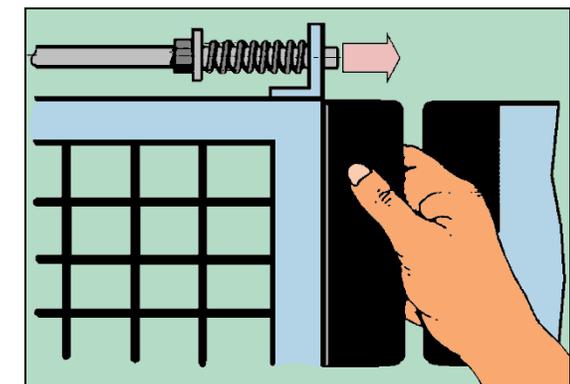
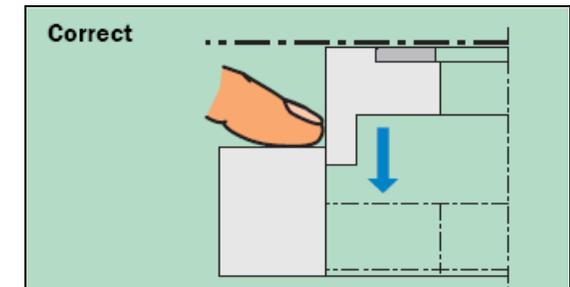
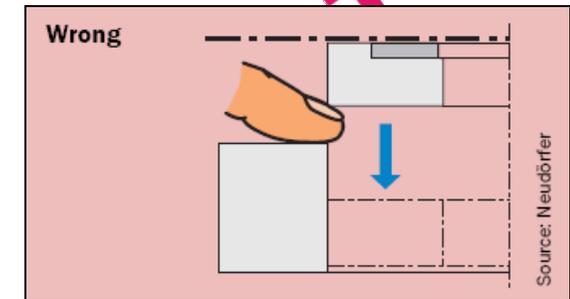
- Verwendungsgerechte Konstruktion
- Anwendung geeigneter Technologien
- Verwendung von Bauteilen mit sicheren Ausfallverhalten (Fail Safe)
- Redundanz

: Gestaltungs-Maßnahmen

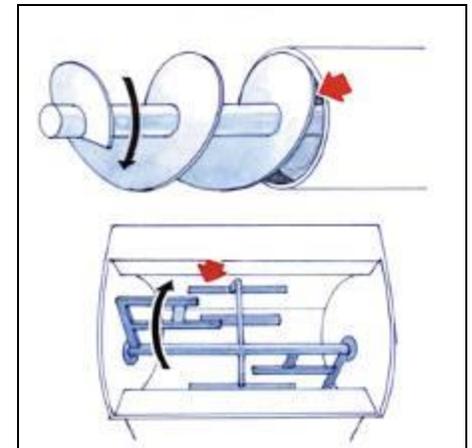
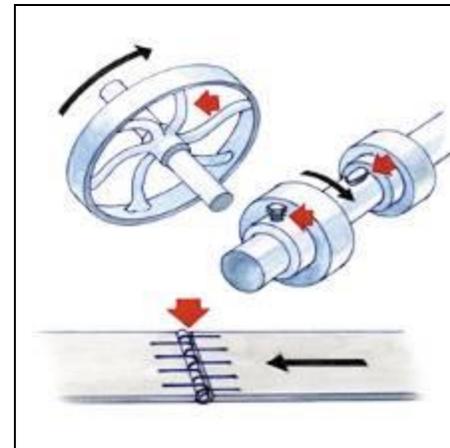
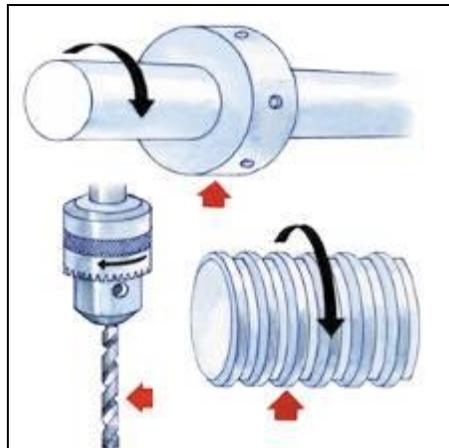
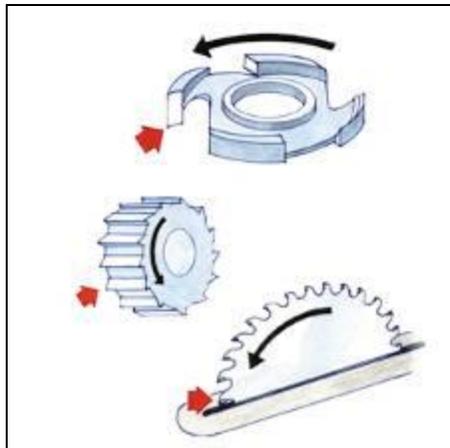
- Geeignete geometrische Gestaltung
- Zugänglichkeit verhindern
- Einhaltung der Sicherheitsabstände

: Energetische Maßnahmen

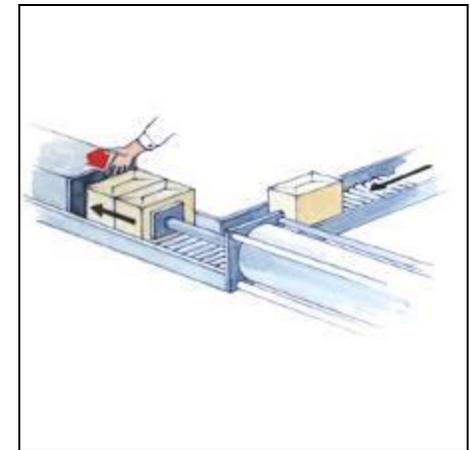
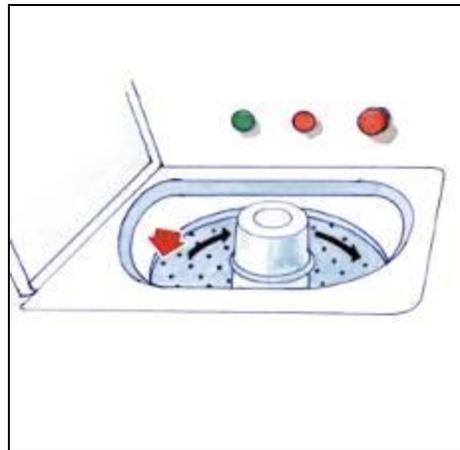
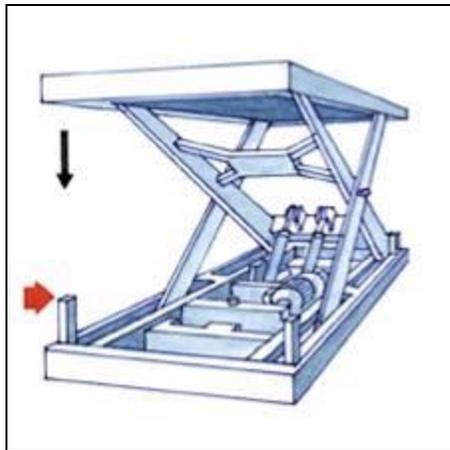
- Begrenzung der wirksamen Energie
- Unterbrechung des Kraftflusses
- Gezielte Verformung von Maschinenteilen



- : Berücksichtigung von geometrischen Faktoren und physikalischen Aspekten



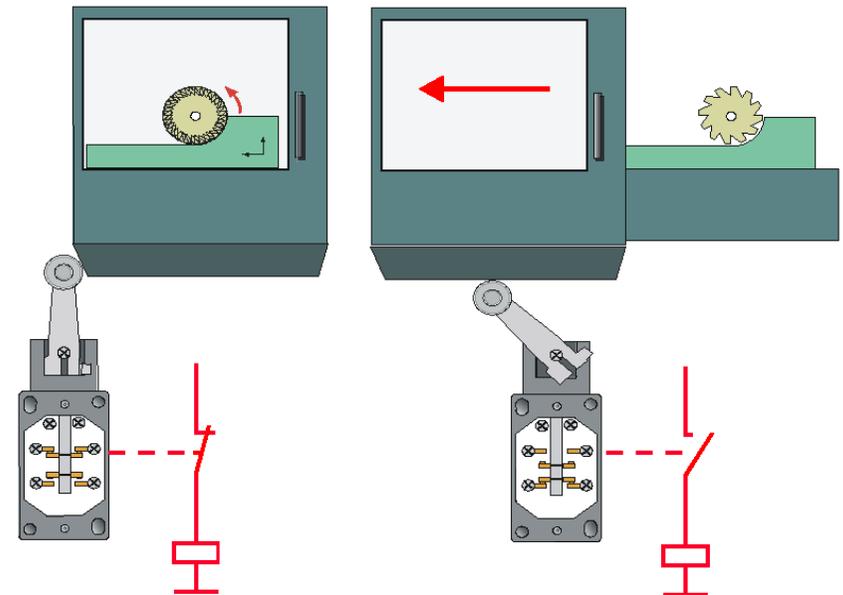
- : Berücksichtigung des allgemeinen technischen Wissens der Konstruktion von Maschinen



: Auswahl geeigneter Technologien



: Anwenden des Prinzips der mechanisch zwangsläufigen Wechselwirkung zwischen Bauteilen

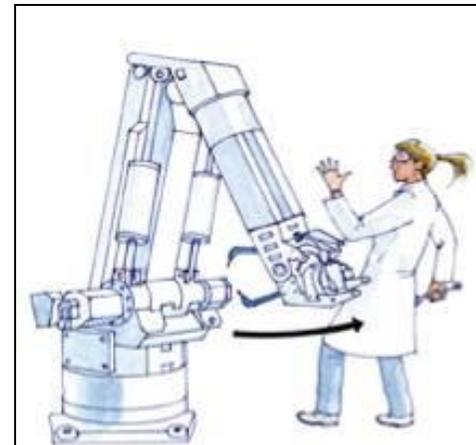


: Vorkehrungen für die Standsicherheit

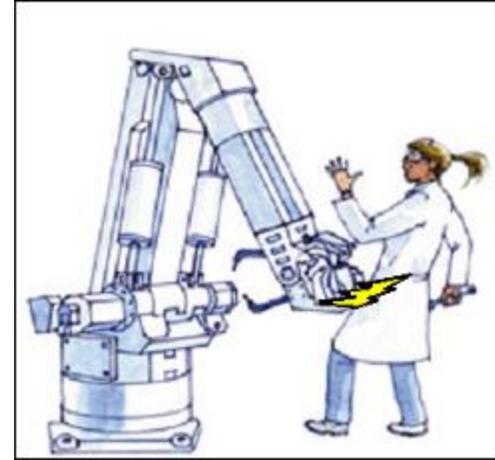


: Vorkehrungen für die Instandhaltbarkeit

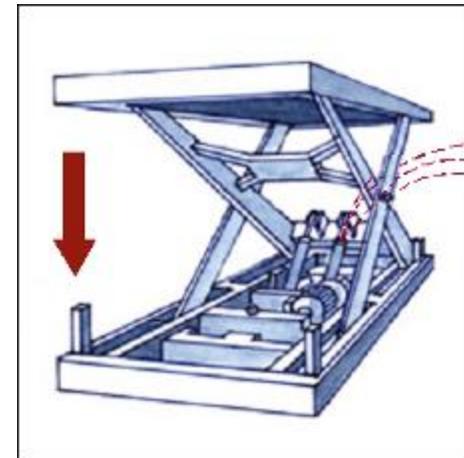
: Beachten ergonomischer Grundsätze



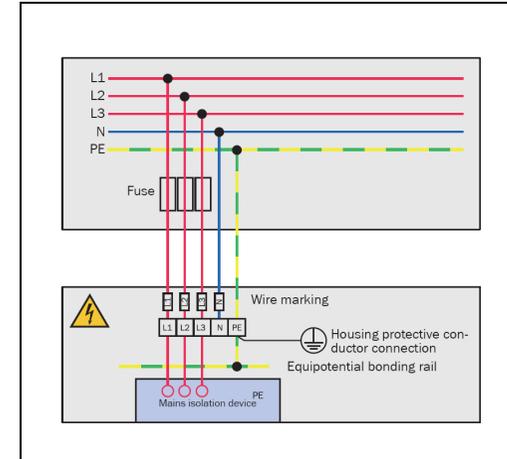
: Verhüten elektrischer Gefährdung



: Vermeiden von Gefährdungen durch pneumatische und hydraulische Ausrüstungen



- : Anwenden von Maßnahmen zur inhärent sicheren Konstruktion von Steuerungen



- : Minimieren des Ausfalls von Sicherheitsfunktionen



- : Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Zuverlässigkeit der Ausrüstung





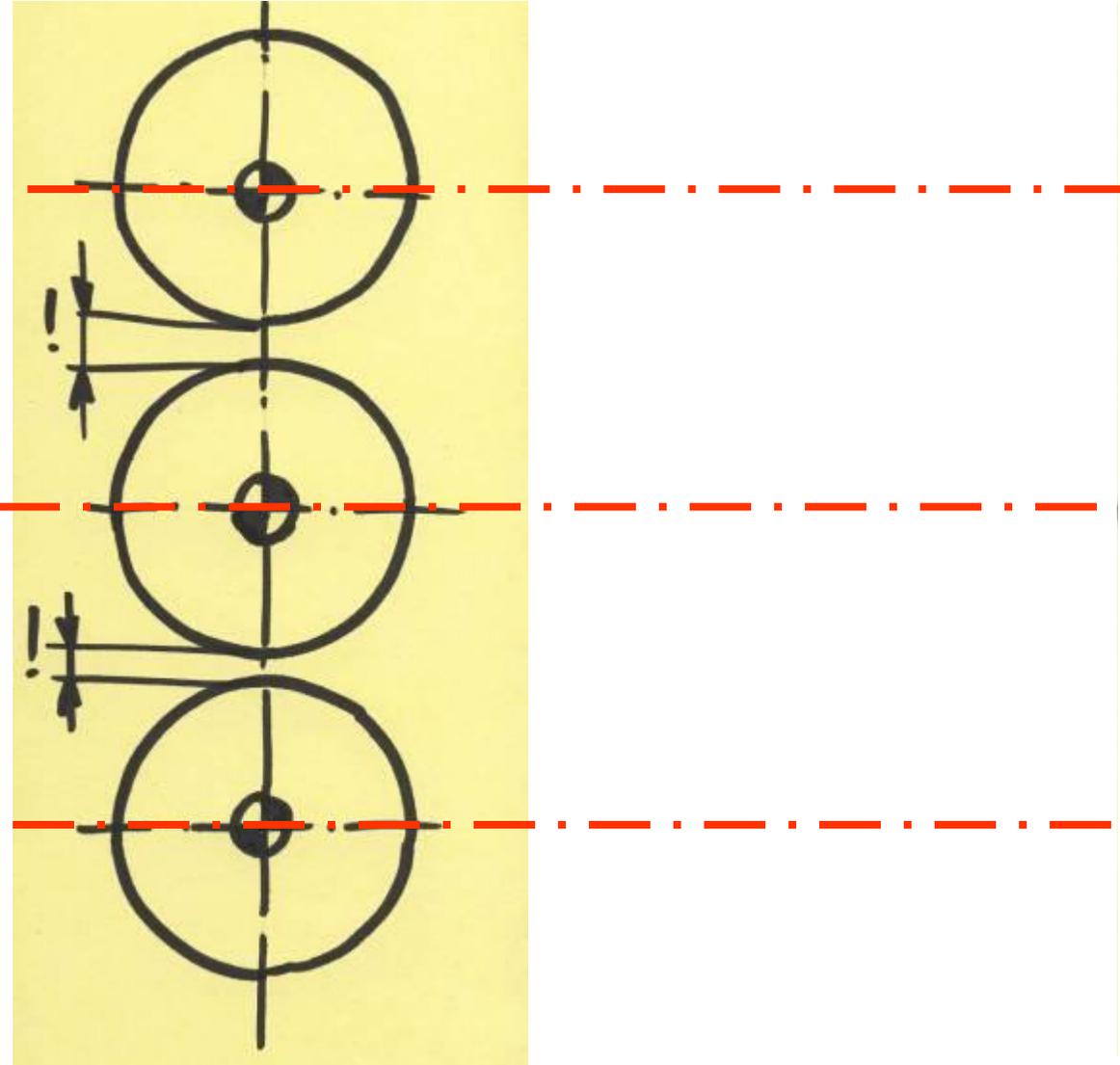
Eschede-Unglück am 03.06.1998



- : Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Mechanisierung oder Automatisierung von Belade- (Beschickungs-) und Entlade- (Entnahme-) arbeiten
- : Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Schaffung von Einricht- und Wartungsstellen außerhalb von Gefährdungsbereichen

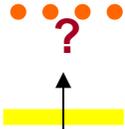
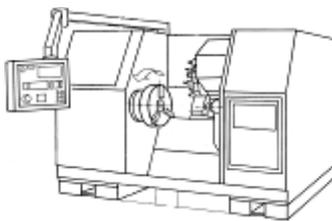
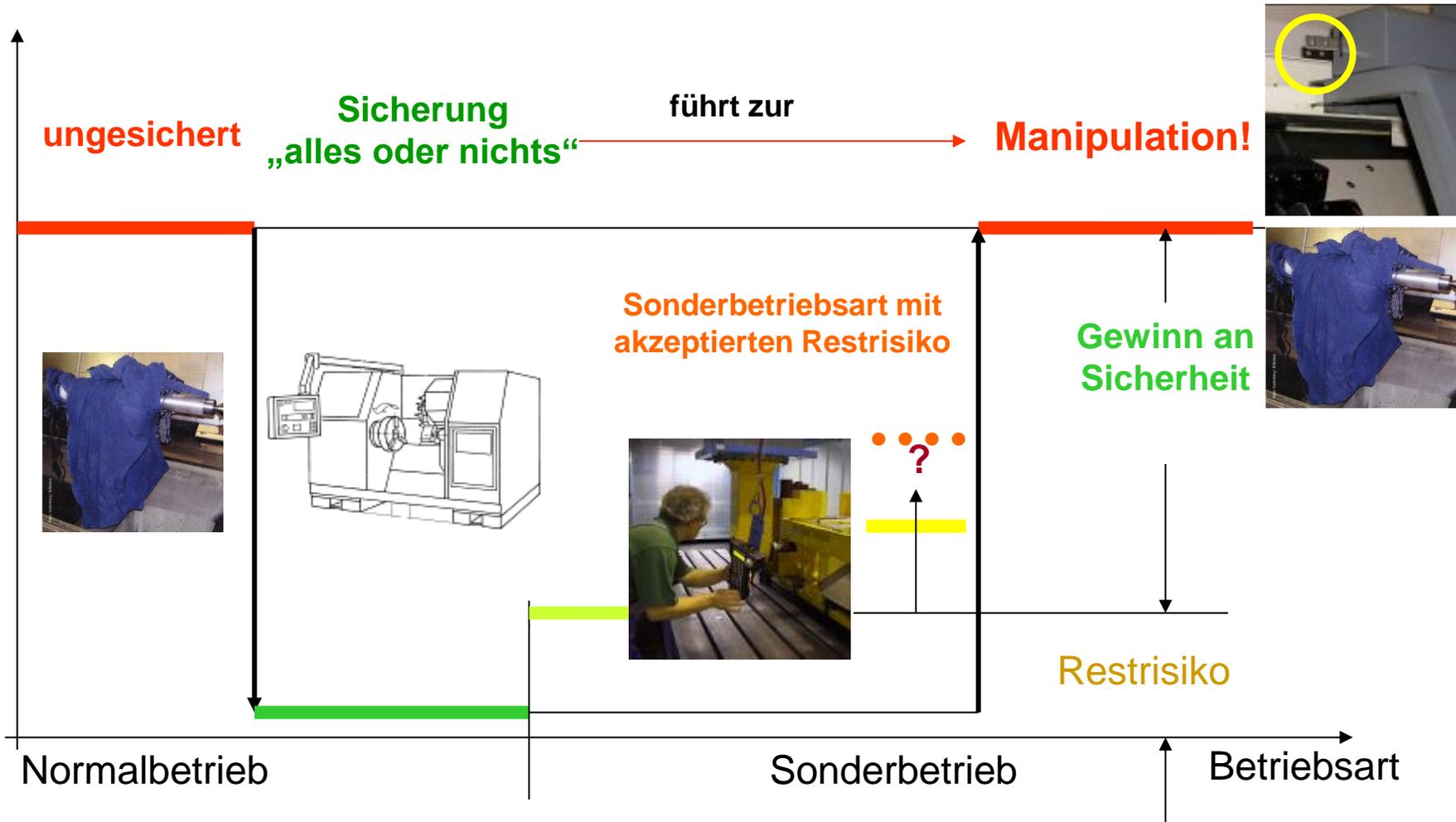


Inhärent sichere Konstruktion



Nutzen von Betriebsarten

Risiko



16. III

GESTATTEN!
ICH BIN DIE
STATISTISCHE
WAHRSCHEIN-
LICHKEIT!

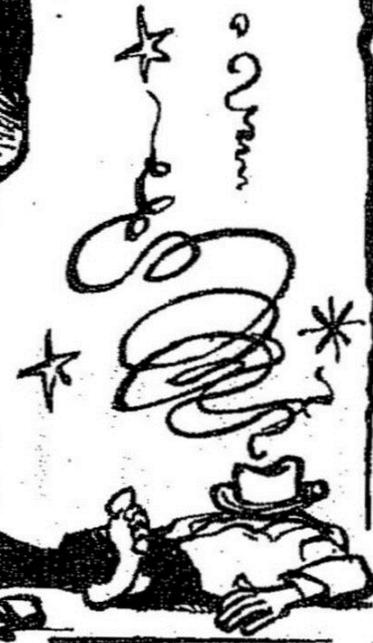


BOCK 16. III

GESTATTEN!
ICH BIN DIE
STATISTISCHE
WAHRSCHEIN-
LICHKEIT!

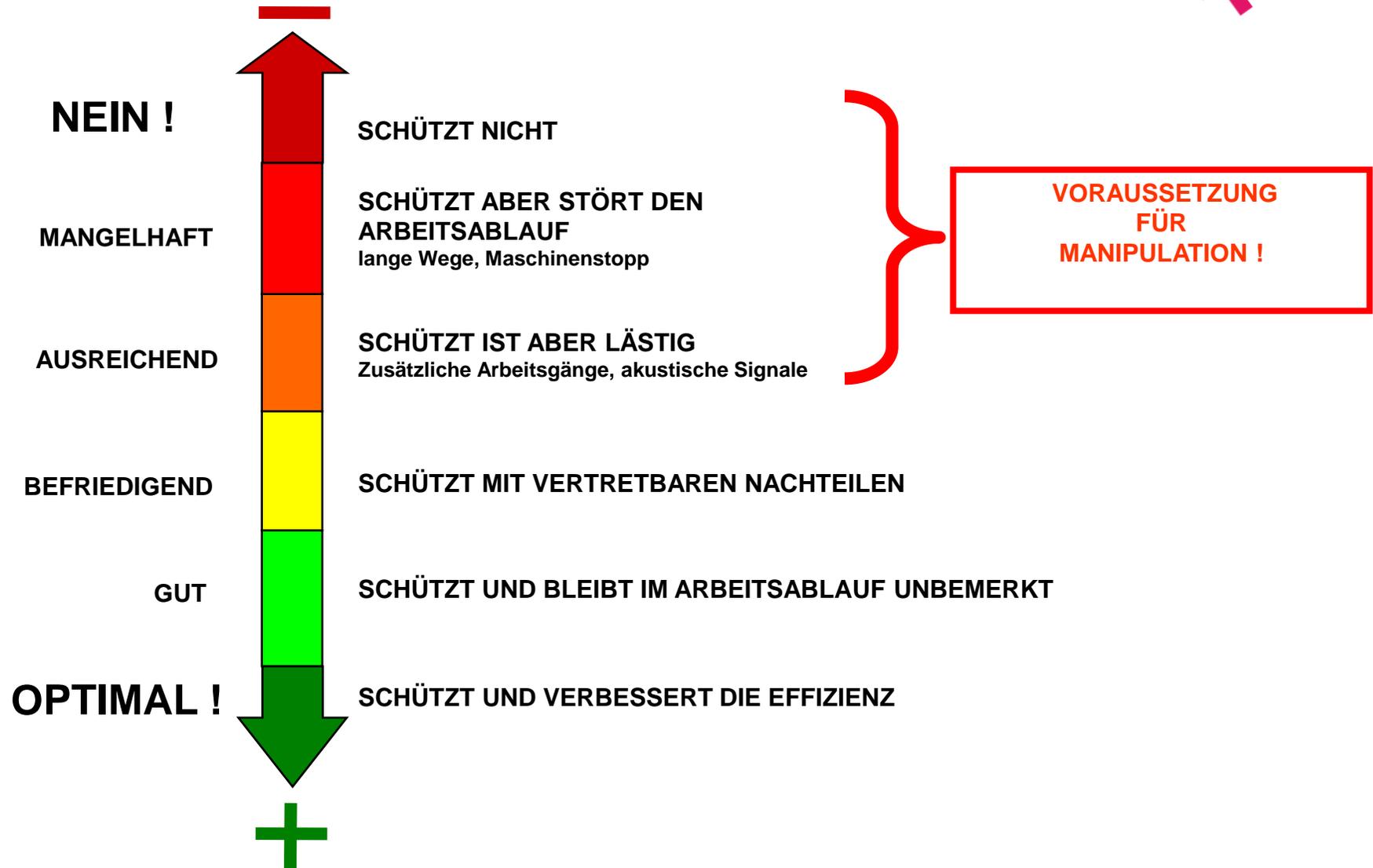


SEHR ERFREUT!,
ICH BIN DAS
RESTRISIKO!



- : **Prof. Dr. Ing. Alfred Neudörfer**
- : Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte
Springer Verlag - Heidelberg
ISBN : 3-540-60994-6





Schutzeinrichtungen werden grundsätzlich in zwei Gruppen aufgeteilt

: Trennende Schutzeinrichtungen

- Die Schutzwirkung wird durch die physikalische (körperliche) Trennung des Gefährdeten von der Gefahr erreicht.
- Typische trennende Schutzeinrichtungen sind Klappen, Schutzgitter, Türen, Verdecke etc.
- Trennende Schutzeinrichtungen müssen eine entsprechende Stoßfestigkeit, Steifigkeit und sichere Befestigung aufweisen (EN 953).
- Trennende Schutzeinrichtungen müssen fest mit der Maschine verbunden sein.
- Abnehmbare oder bewegliche Systeme müssen bei je nach Risiko elektrisch verriegelt werden.

Schutzeinrichtungen werden grundsätzlich in zwei Gruppen aufgeteilt

: Nicht trennende Schutzeinrichtungen

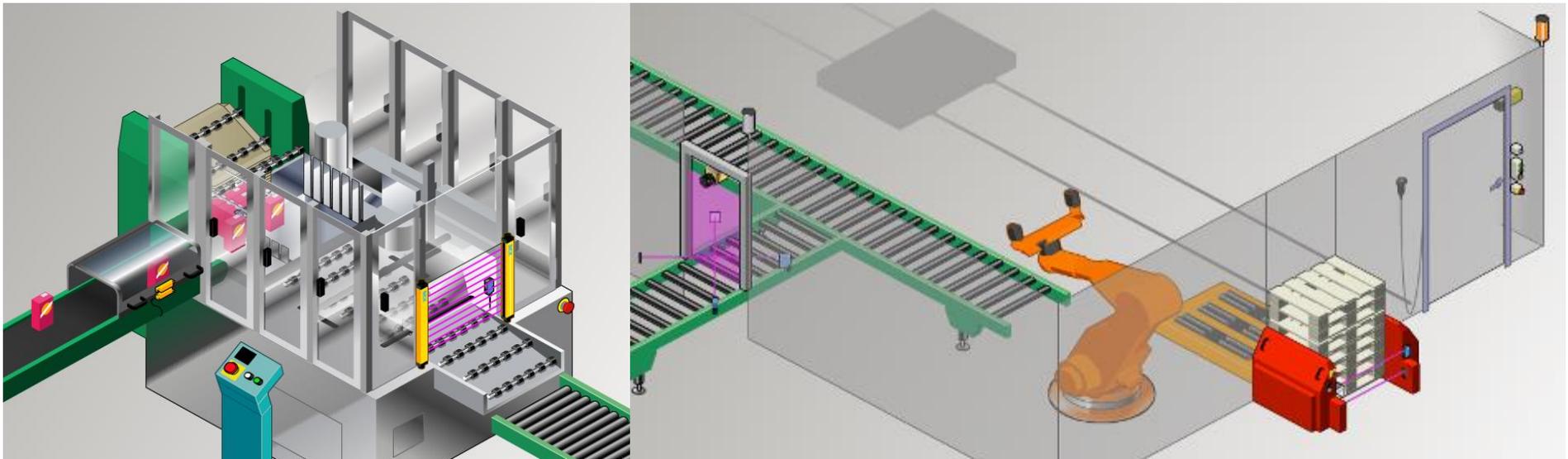
- Die Schutzwirkung dieser Einrichtungen wird durch die steuerungstechnische Beseitigung oder Verminderung der Gefährdung während des Aufenthaltes von Gefährdeten im Gefahrenbereich erreicht. (Zeitliche Trennung). Sie benötigen daher immer ein sogenannter Sicherheitsabstand
- Nicht trennende Schutzeinrichtungen sind : Funktionelle Verriegelungen, Zustimmungseinrichtungen, Zweihandschaltungen, Steuerungseinrichtungen sowie Einrichtungen mit Annäherungsreaktion.
- Einrichtungen mit Annäherungsreaktion werden in taktile und berührungslose unterteilt. Taktile Systeme reagieren auf mechanische Betätigung. Berührungslose Systeme reagieren auf Änderungen von elektrische, elektromagnetische oder optische Felder.

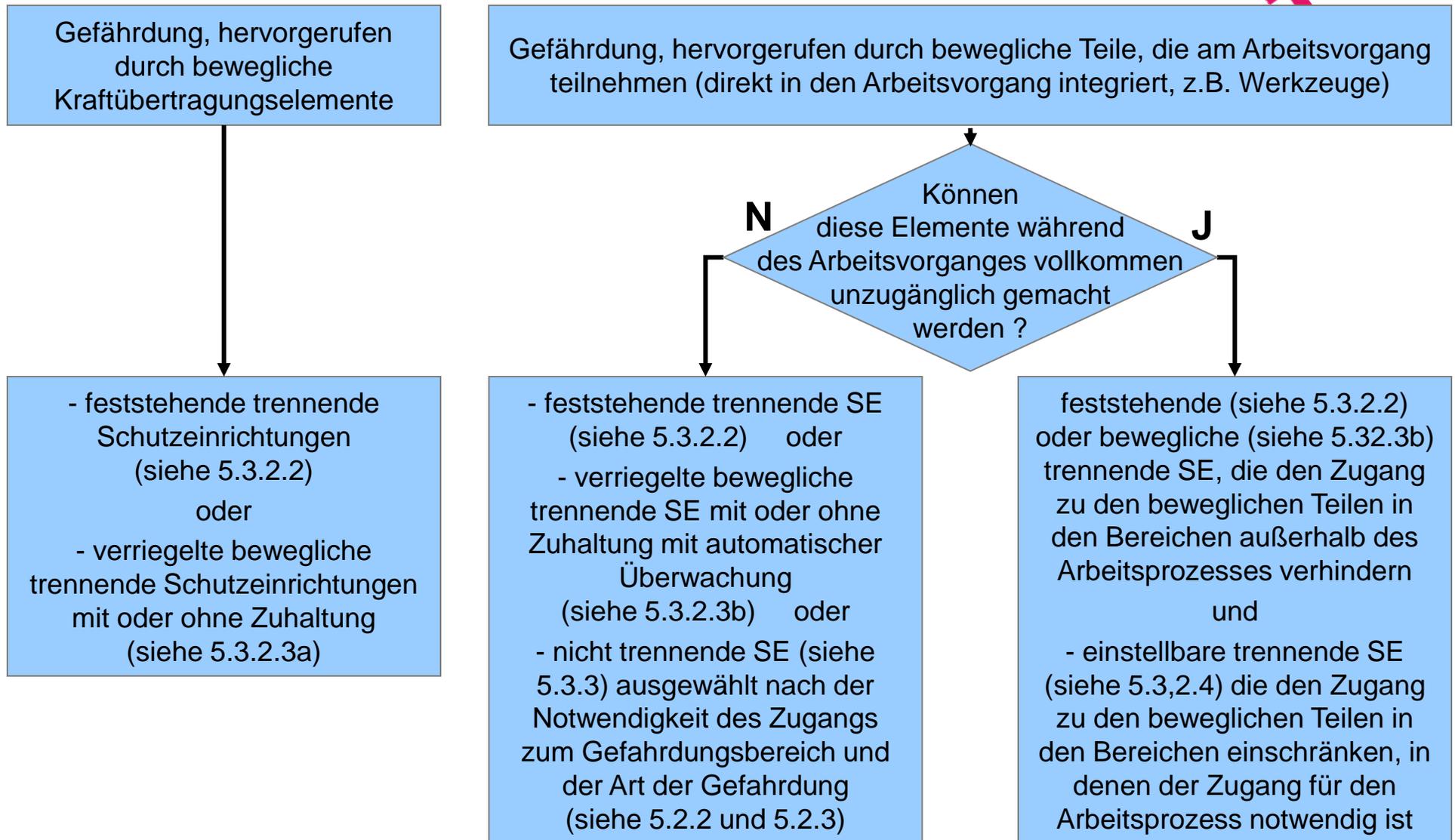
Trennende

- : Gitter
- : Abdeckungen
- : Schutztüren
- : Klappen
- : Hauben
- : Tunnel

Nicht trennende

- : Sicherheits-Lichtvorhänge
- : Sicherheits-Lichtgitter
- : Laser-Scanner
- : Sicherheits-Kamerasysteme
- : Zustimmungsschalter
- : Zweihandschaltungen





- : Trennende Schutzeinrichtungen sind erforderlich wenn Teile/Stoffe aus der Maschine geschleudert werden oder wenn Strahlungen auftreten.
- : Trennende Schutzeinrichtungen sind vorteilhaft wenn kein ständiger Zugang erforderlich ist
- : Trennende Schutzeinrichtungen können sein :
 - Trennend oder Distanzierend
 - Fest oder Beweglich



Gestaltung und Bau von trennenden Schutzeinrichtungen

- : Aspekte der Maschine, Menschliche Aspekte
- : Gestaltung , Konstruktion
- : Rückhaltevermögen, Lärm- und Vibrationsminderung, Schutz gegen Strahlung
- : Korrosionsbeständigkeit, Beständigkeit gegen Mikroorganismen
- : Ungiftigkeit, Elektrostatische Eigenschaften
- : Beobachtung des Maschinenbetriebs, Transparenz
- : Temperaturbeständigkeit, Brennbarkeit

Auswahl der trennenden Schutzeinrichtungen

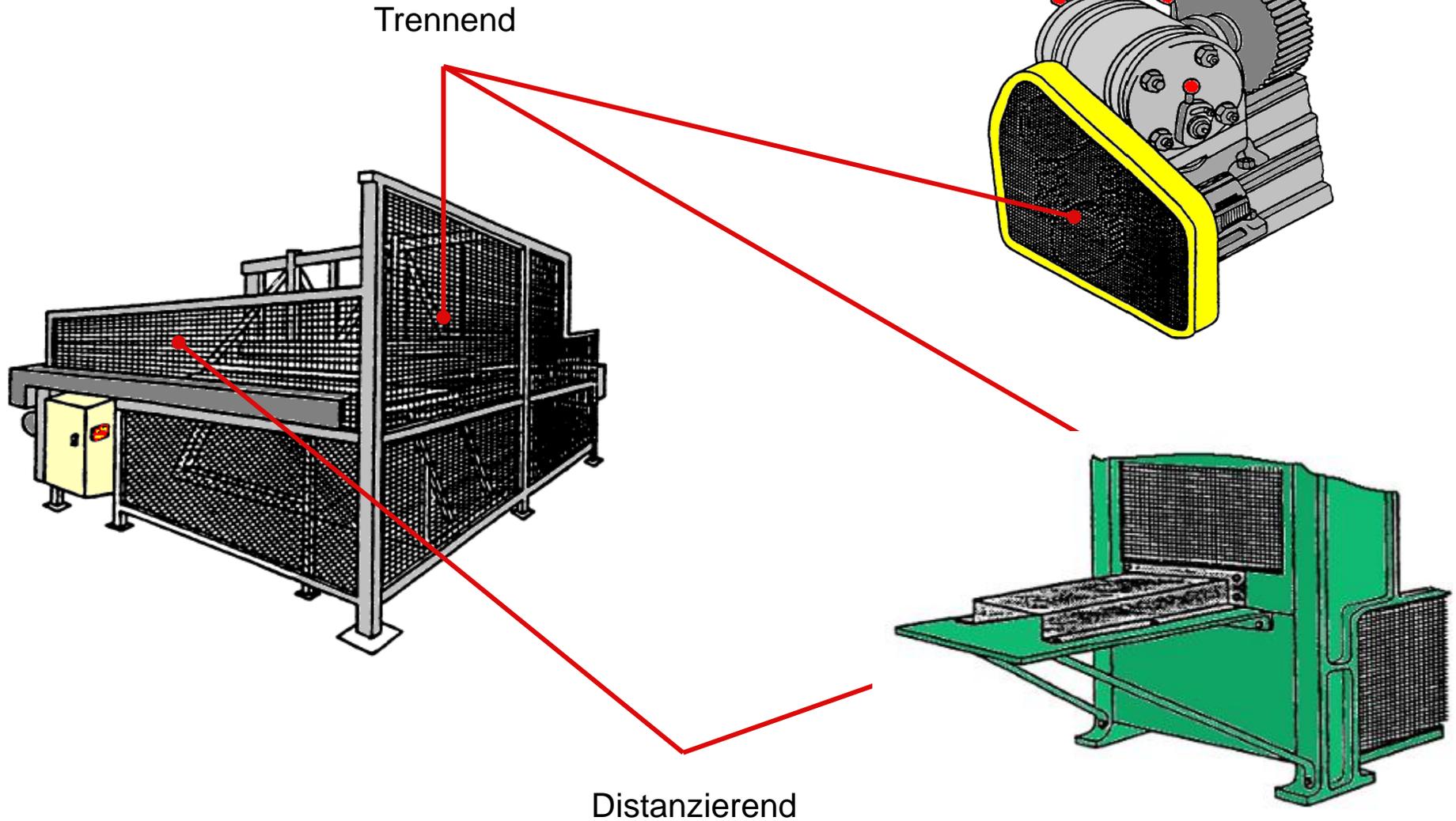
- : Nach Anzahl und Ort der Gefährdungen
- : nach erforderlicher Art und Häufigkeit des Zugangs

Zusätzliche Erwägungen an Gestaltung und Bau

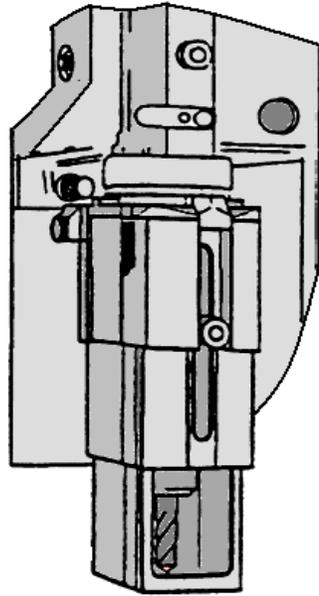
- : Klettern
- : Unverlierbare Befestigungsmittel
- : Vibrationsfestigkeit
- : Warnzeichen
- : Farbe, Ästhetik



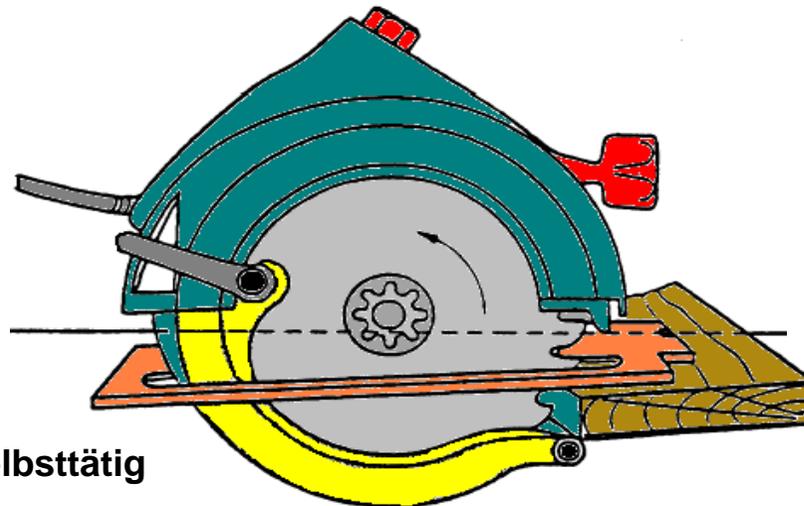
Feste trennende Schutzeinrichtungen



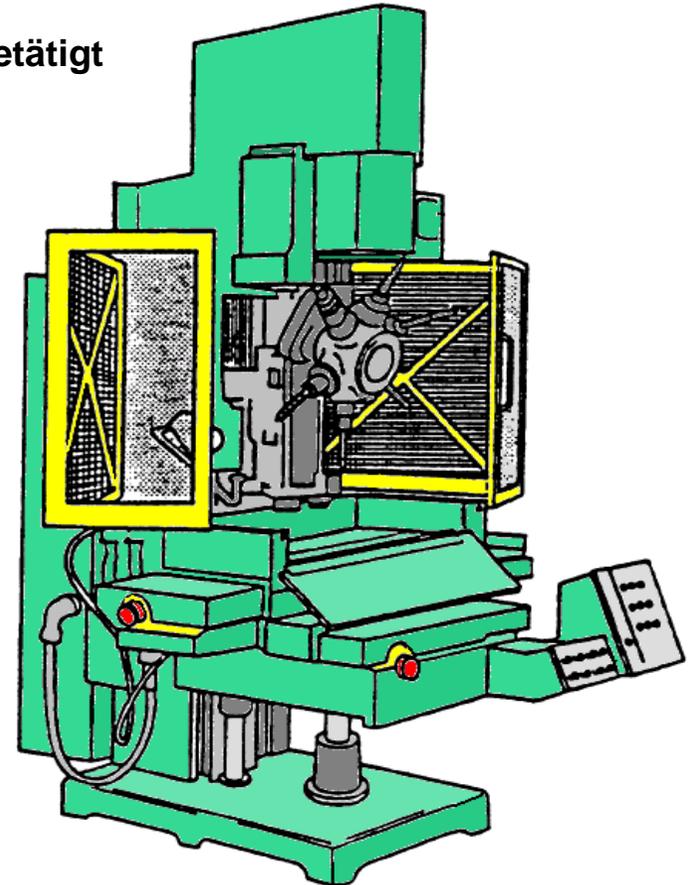
Schwenkbar / Manuell Betätigt



Einstellbar



Selbsttätig

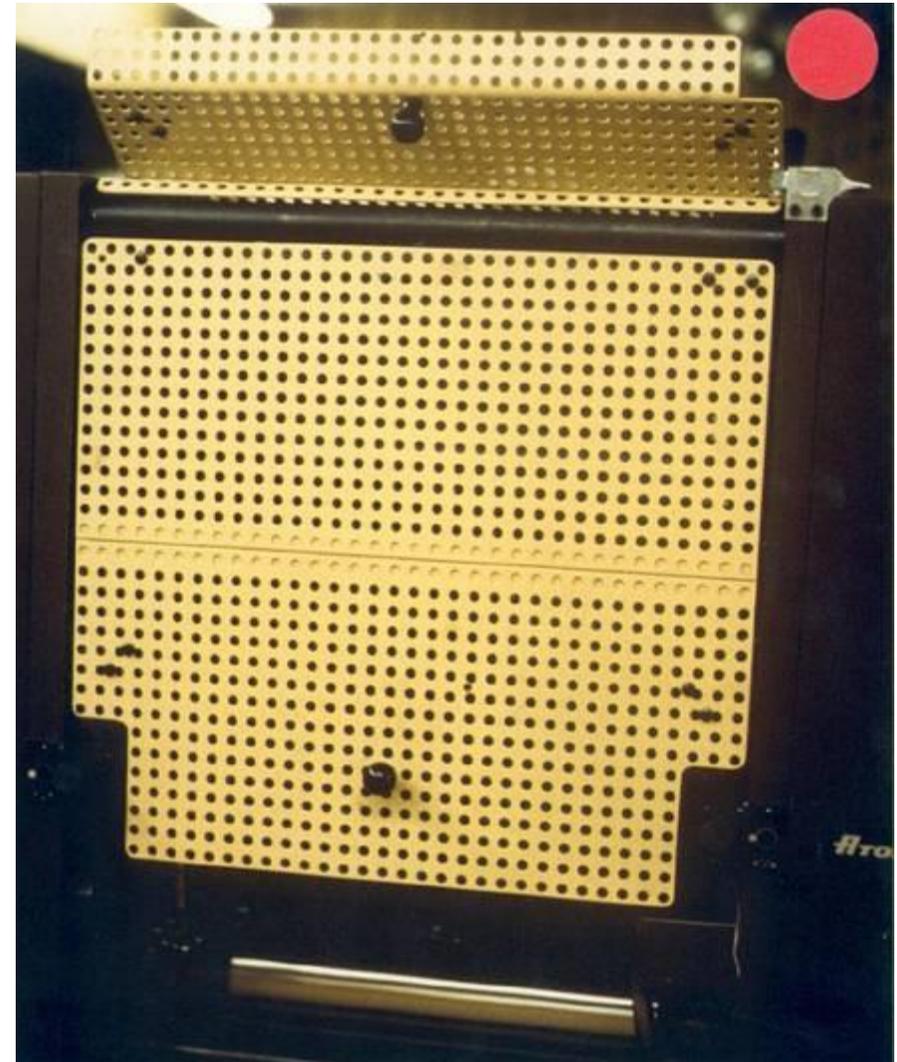


- : Beispiel
- : Fehlkonstruktion !
Beweglich trennende Schutzeinrichtung
mit „Gardineneffekt“

(Beispiel : Prof. A. Neudörfer)

Farbwahl: Hell

Blick ins Innere wird behindert



Mangelnde Einsicht

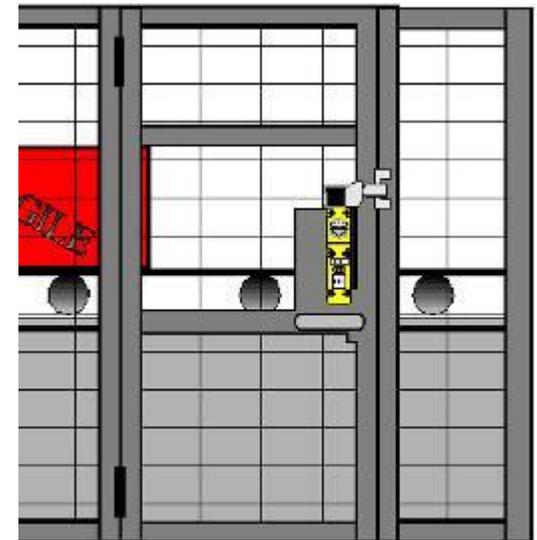
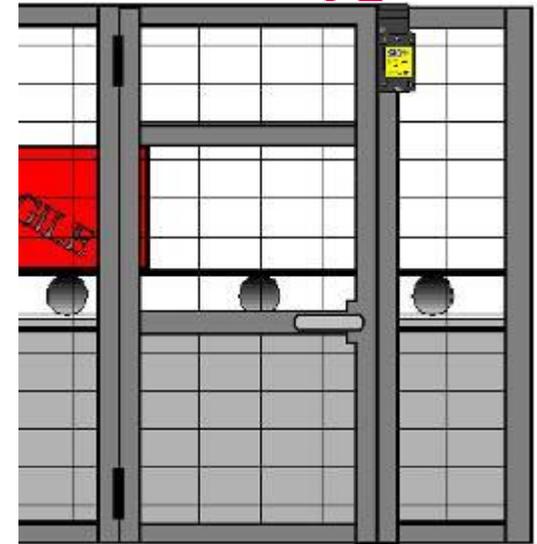


Beispiele ... Zusätzliche Gefährdung

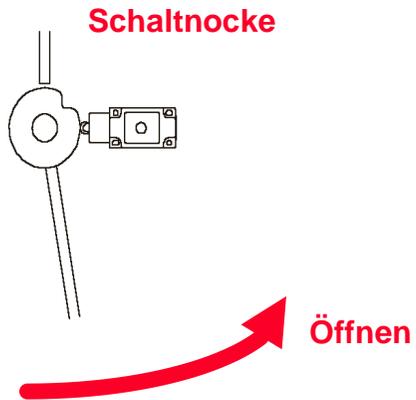


- : **Verriegelte** bewegliche trennende Schutzeinrichtungen sind trennende Schutzeinrichtungen die über eine (meistens elektrische) Verriegelung mit der Steuerung der Maschine verfügen

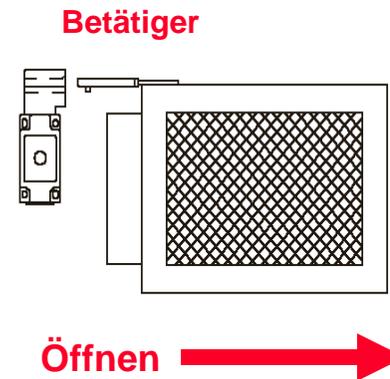
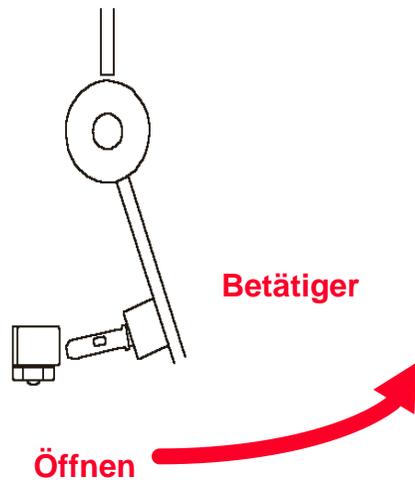
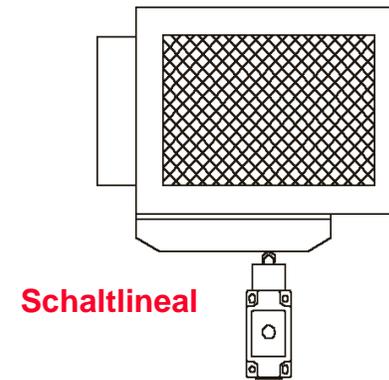
- : **Verriegelte** bewegliche trennende Schutzeinrichtungen **mit Zuhaltung** sind trennende Schutzeinrichtungen die über eine (meistens elektrische) Verriegelung mit der Steuerung der Maschine oder Anlage und mit einer Zuhaltung verfügen.



Verriegelung mit „Sicherheitsschaltern“



Öffnen →



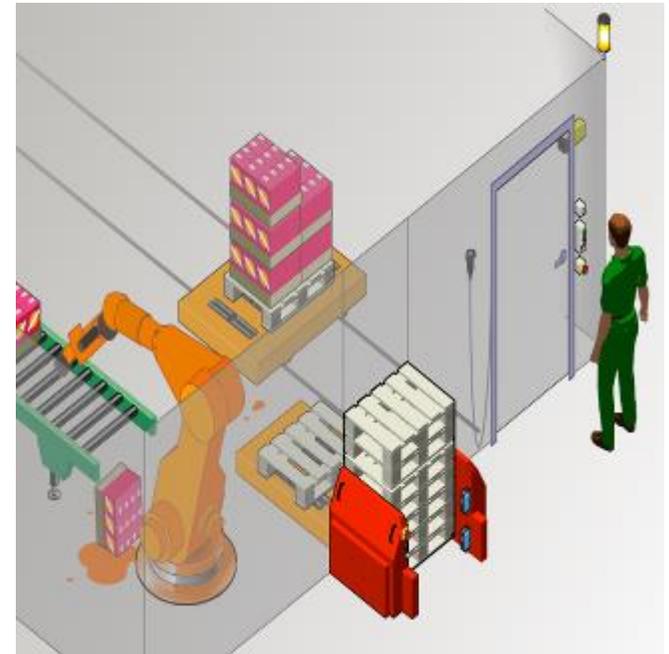
: Verriegelte bewegliche trennende Schutzeinrichtungen verfügen über eine **Verriegelung** mit der Steuerung der Maschine oder Anlage um folgende Funktionen erfüllen

- Solange die Schutzeinrichtung nicht geschlossen ist, kann kein gefahrbringender Maschinenzustand eingeleitet werden
- Wird die Schutzeinrichtung geöffnet, so wird der gefahrbringende Maschinenzustand durch einen Halt-Befehl beendet
- Das Schließen der Schutzeinrichtung erlaubt das Ingangsetzen des gefahrbringenden Maschinenzustandes, löst aber das Ingangsetzen nicht aus*



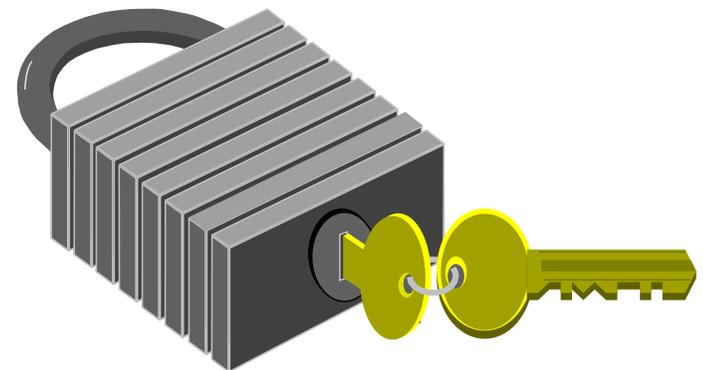
*(ausgenommen steuernde trennende Schutzeinrichtungen nach EN-ISO 12100-2 / 5.3.2.5)

- : Verriegelte bewegliche trennende Schutzeinrichtungen mit Zuhaltung verfügen über eine **Verriegelung** und eine **Haltevorrichtung** um folgende Funktionen zu erfüllen
- Solange die Schutzeinrichtung nicht geschlossen und zugehalten ist kann kein gefahrbringender Maschinenzustand eingeleitet werden.
 - Die Schutzeinrichtung kann erst geöffnet werden wenn der gefahrbringende Maschinenzustand durch einen Halt-Befehl tatsächlich beendet worden ist.
 - Das Schließen und Zuhalten der Schutzeinrichtung erlaubt das Ingangsetzen des gefahrbringenden Maschinenzustandes, löst aber das Ingangsetzen nicht aus *



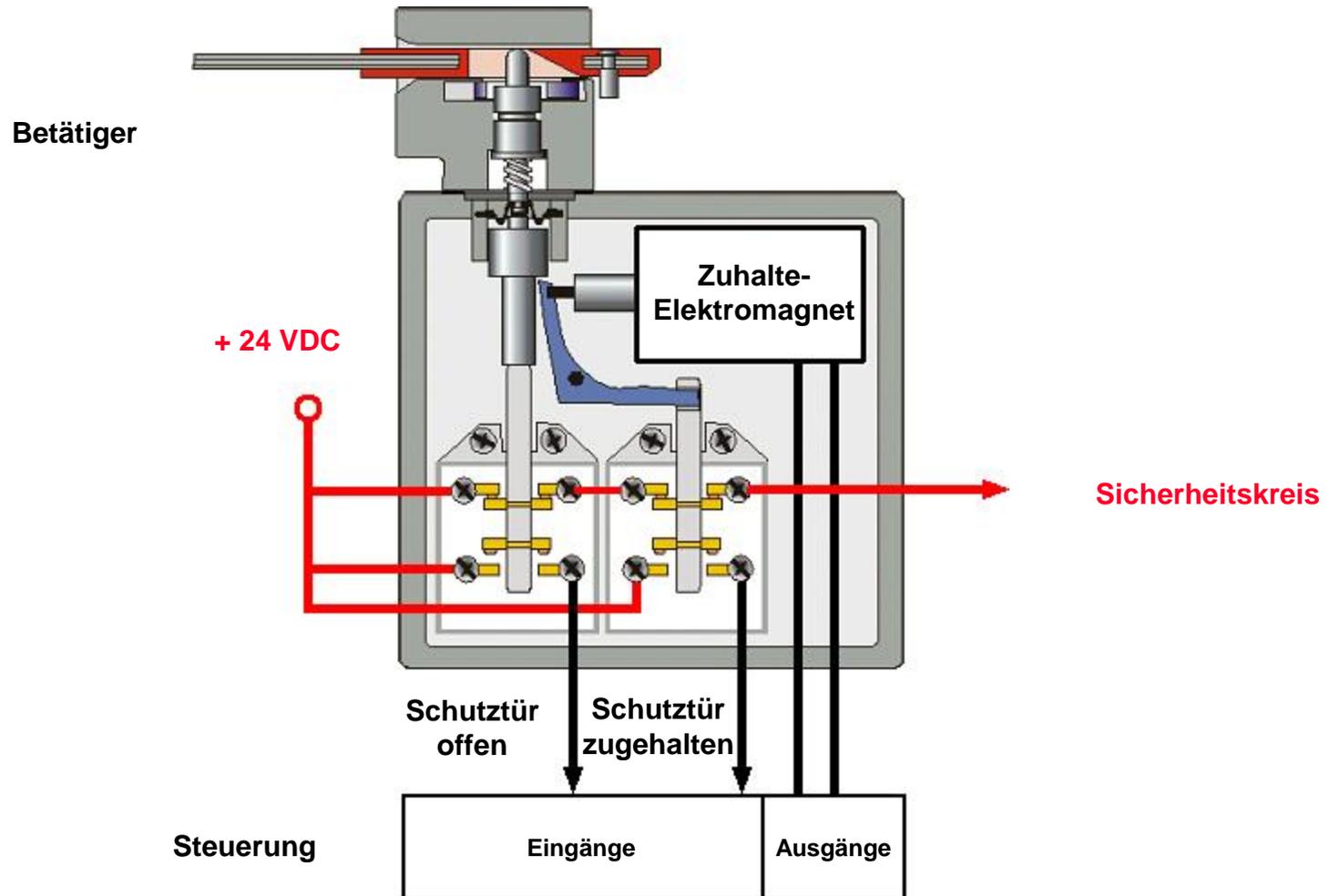
*(ausgenommen steuernde trennende Schutzeinrichtungen nach EN-ISO 12100-2 / 5.3.2.5)

- : Sind Einrichtungen die das Öffnen von trennenden Schutzeinrichtung verhindern
- : Müssen verwendet werden wenn die Anhaltezeit des Gefahrenbringenden Maschinenzustandes größer ist als die Zeit die eine eine Person benötigt, um den Gefahrenbereich zu erreichen



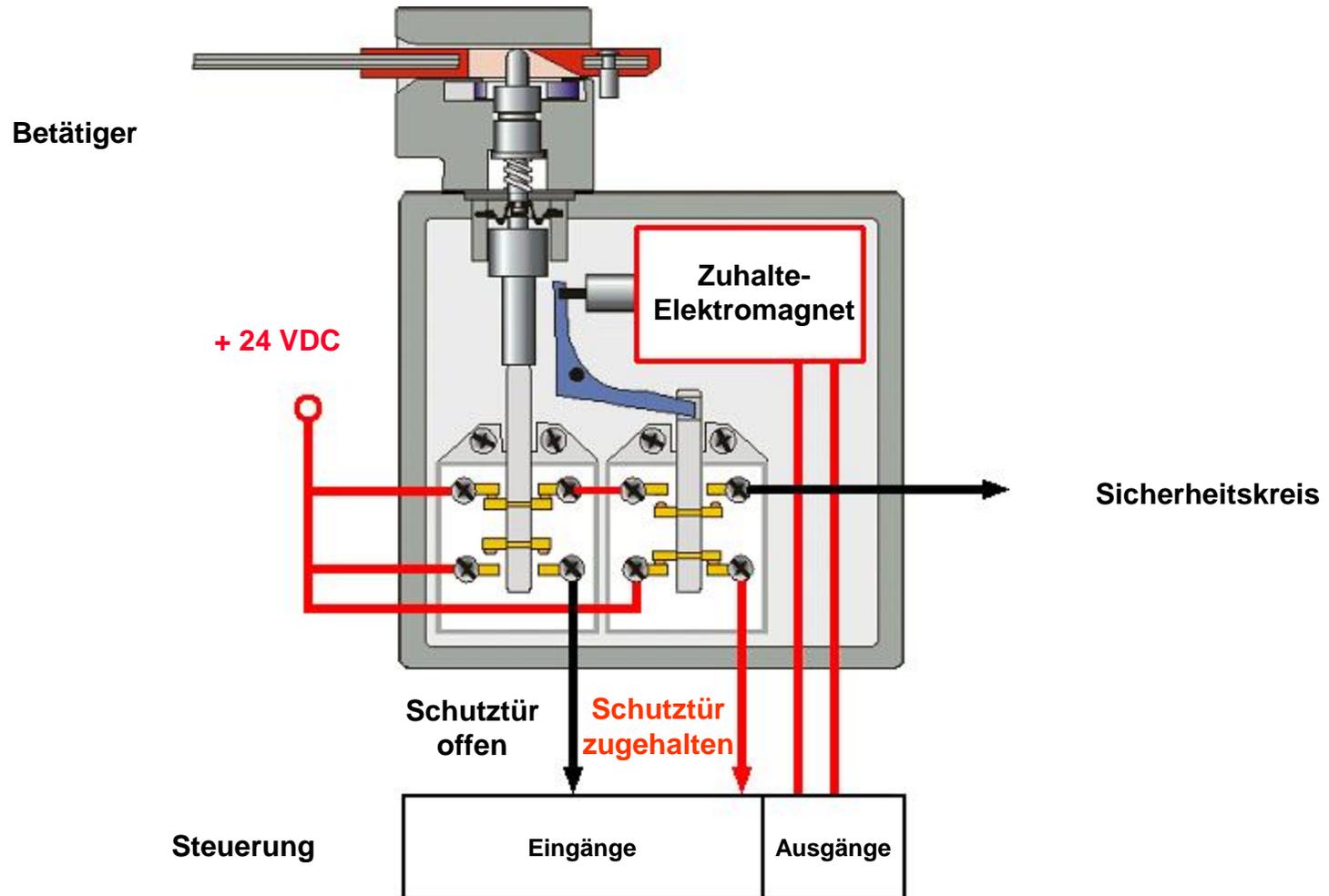
Tür-Sicherheitsschalter mit Zuhaltung

Schutztür geschlossen und zugehalten



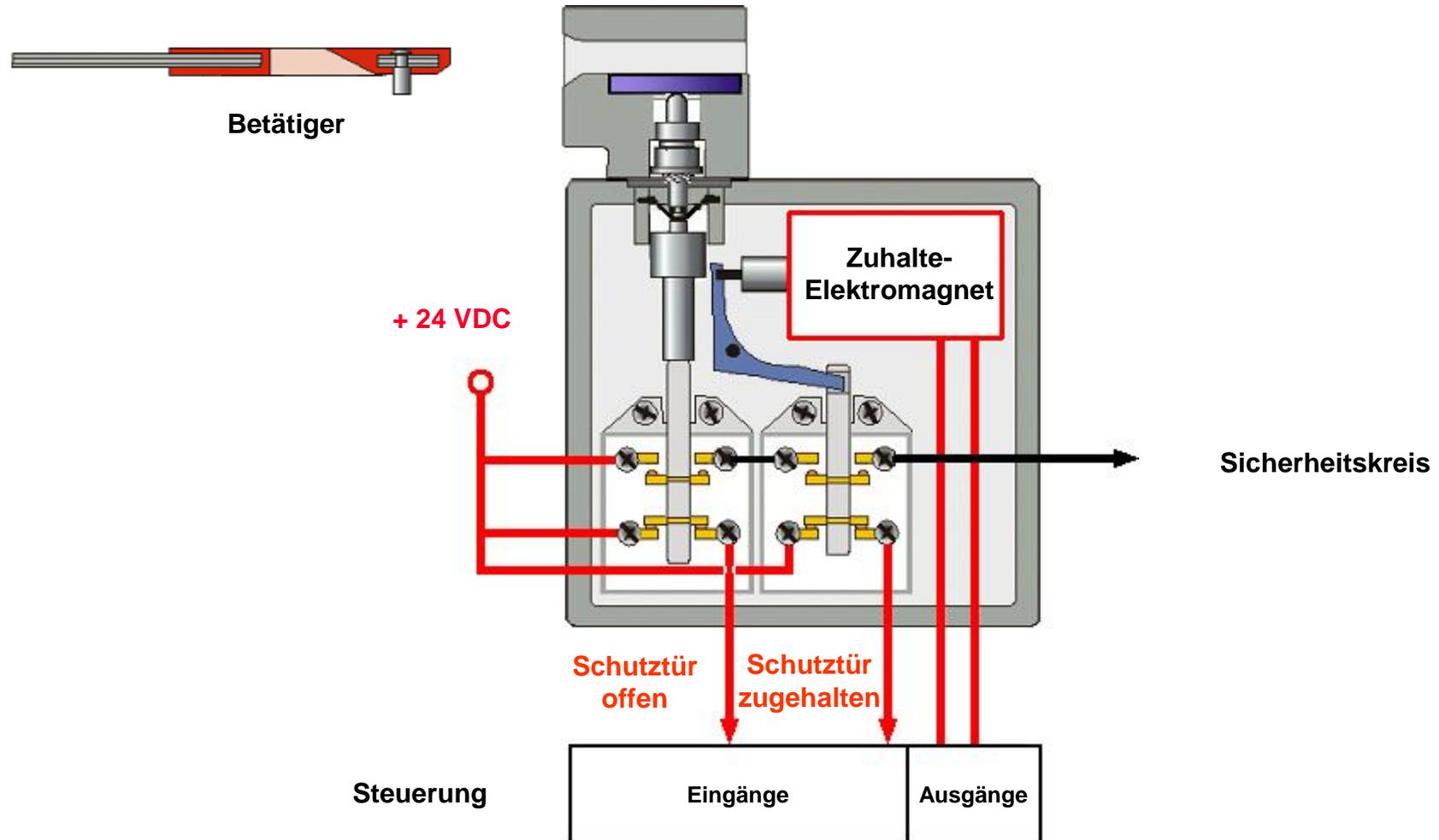
Tür-Sicherheitsschalter mit Zuhaltung

Schutztür geschlossen und entriegelt



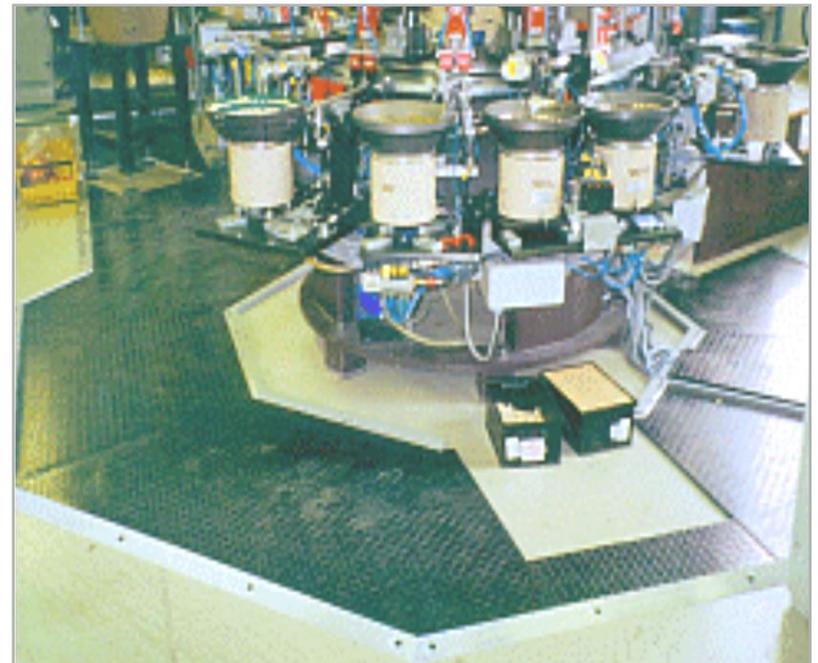
Tür-Sicherheitsschalter mit Zuhaltung

Schutztür offen

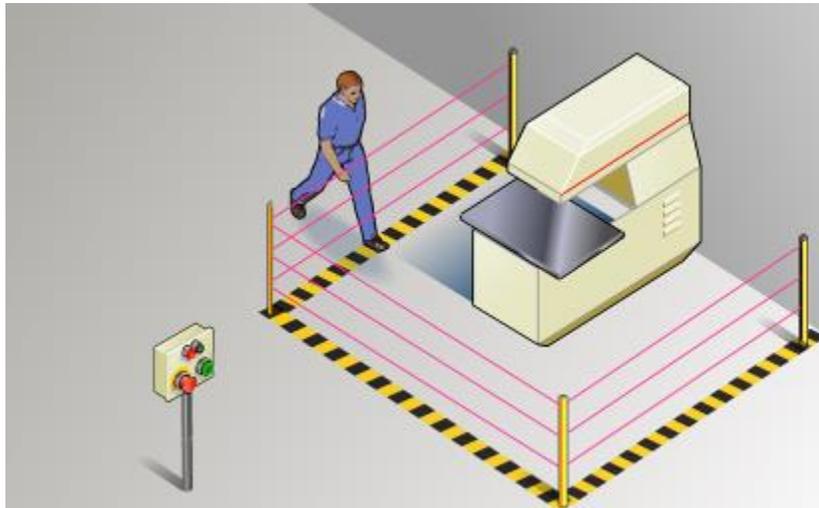


- : Taktile Schutzeinrichtungen (PSPE) sind nicht trennende Schutzeinrichtungen.
- : Taktile Schutzeinrichtungen müssen fest mit der Maschine verbunden sein.
- : Abnehmbare Systeme müssen elektrisch verriegelt werden.

- : Taktile Systeme sind :
 - Schaltleisten
 - Reißleinen
 - Bumper
 - Schalmatten
 - Schaltplatten

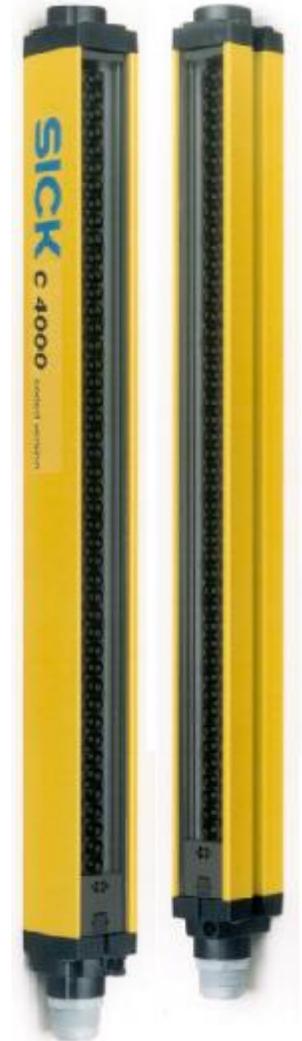


- : BWS (ESPE) sind nicht trennende Schutzeinrichtungen
- : BWS müssen fest mit der Maschine verbunden sein. Abnehmbare Systeme müssen elektrisch verriegelt werden
- : BWS können in 2 Gruppen eingeteilt werden :
 - Durchdringungssysteme : wie Lichtvorhänge, Lichtgitter, Reflexionsscanner
 - Annäherungssysteme : wie Laser-Scanner, Kamerasysteme



Durchdringungssysteme (AOPD = Active Optoelectronic Protecting Device)

- : Reagieren auf die Unterbrechung eines Lichtstrahles durch den eindringenden Körper / Körperteil
- : Die Auslösung erzeugt ein Sicherheitssignal (i.d.R. ein Halt Befehl)
 - Lichtgitter. Diese Systeme haben einen Auflösungsvermögen kleiner oder gleich 40mm. Sie sind damit in der Lage das Eindringen von Fingern oder Händen in den Gefahrenbereich zu erkennen.
 - Mehrstrahlssysteme. Sind Systeme mit einen Auflösungsvermögen größer 40mm. Mit diesen Systemen wird in der Regel das Eindringen des Körpers in einen Gefahrenbereich erkannt.
 - Lichtschranken. Sind einstrahlige Systeme. Da Sie leicht umgehbar sind, ist die Verwendung nur in Kombinationen oder bei Erzeugung von 2 Strahlen durch Umlenkungen ratsam. Die Anwendung entspricht dann der, der Mehrstrahlssysteme
 - Aktive Kamerasysteme. Sind Systeme bei den ein Empfänger ein 2-dimensionales Abbild eines durch ein Lichtsender beleuchtetes Objekt (z.B. Werkzeug) erzeugt und ausgewertet



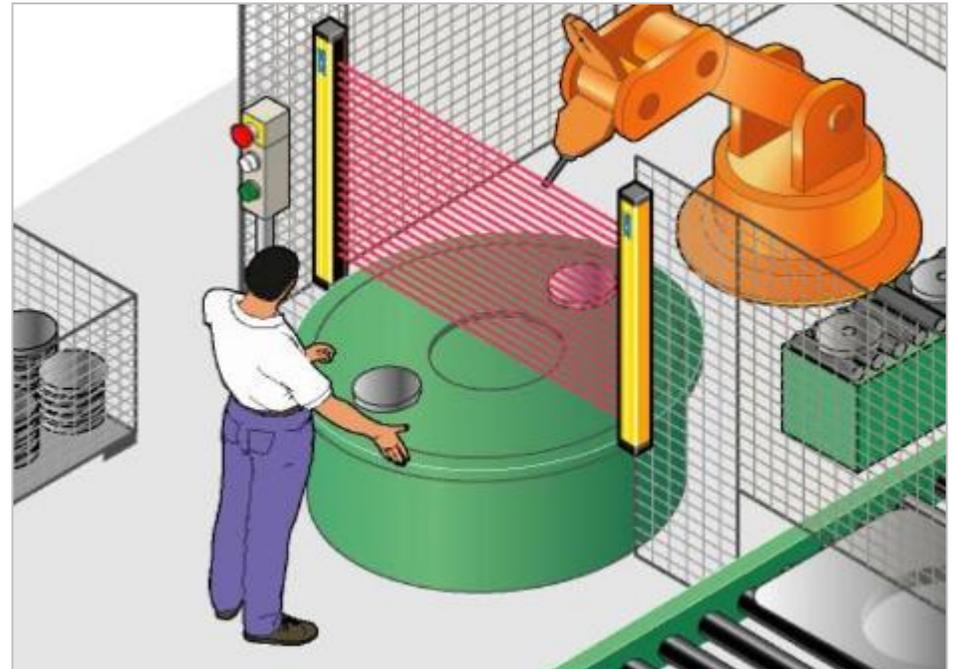
Annäherungssysteme

(AOPDDR = Active Optoelectronic Protecting Device responsive to Diffuse Reflection)

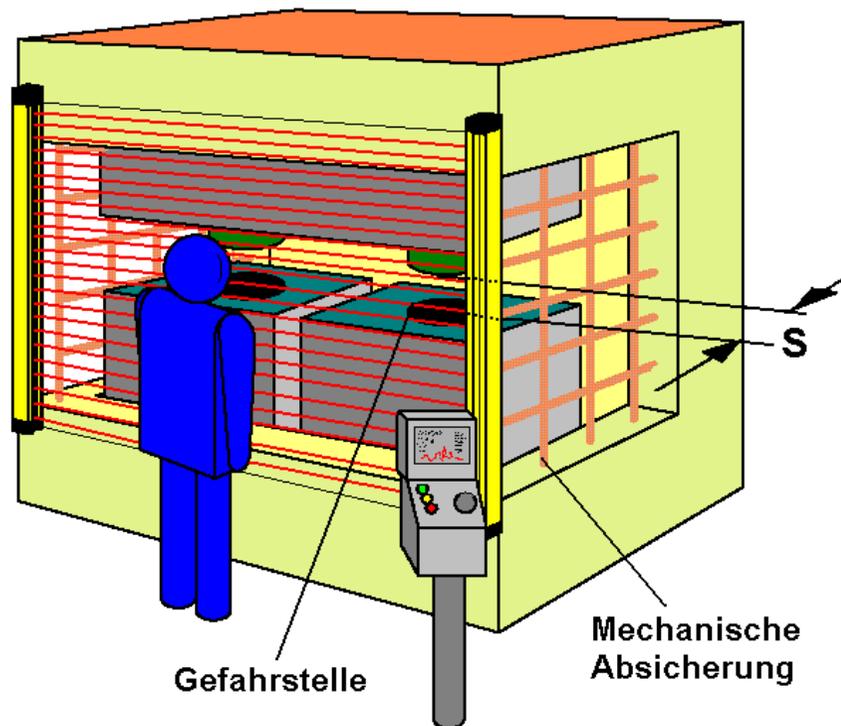
- : Reagieren auf die Reflexion eines Lichtstrahles durch den eindringenden Körper / Körperteil
- : Die Auslösung erzeugt ein Sicherheitssignal (i.d.R. ein Halt Befehl)
 - Tastende Laser Scanner. Sind Laser Systeme die auf Entfernungsmessung basieren und unterschiedliches Auflösungsvermögen von 50mm bis 116mm aufweisen. Diese Systeme werden zur Überwachung von Bereichen eingesetzt.
 - Passive Kamerasysteme. Sind Systeme bei denen ein Kamera basierender Empfänger ein Umgebungs- oder Musterabbild erzeugt und auswertet.



- : Unmittelbare Absicherung im Gefahrenbereich
- : Notwendigkeit der Finger / Hand Detektion
- : Niedrigste Sicherheitsabstände realisierbar
- : Bewährte Absicherung von Maschinen in Einlege-, Kontroll- und Abnahmebereichen



Sicherheitsabstände nach ISO 13855



$$S = K \times T + 8 \times (d - 14\text{mm})$$

S Sicherheitsabstand [mm]
K Zugriffsgeschwindigkeit [2000mm/s]
für S < 500mm

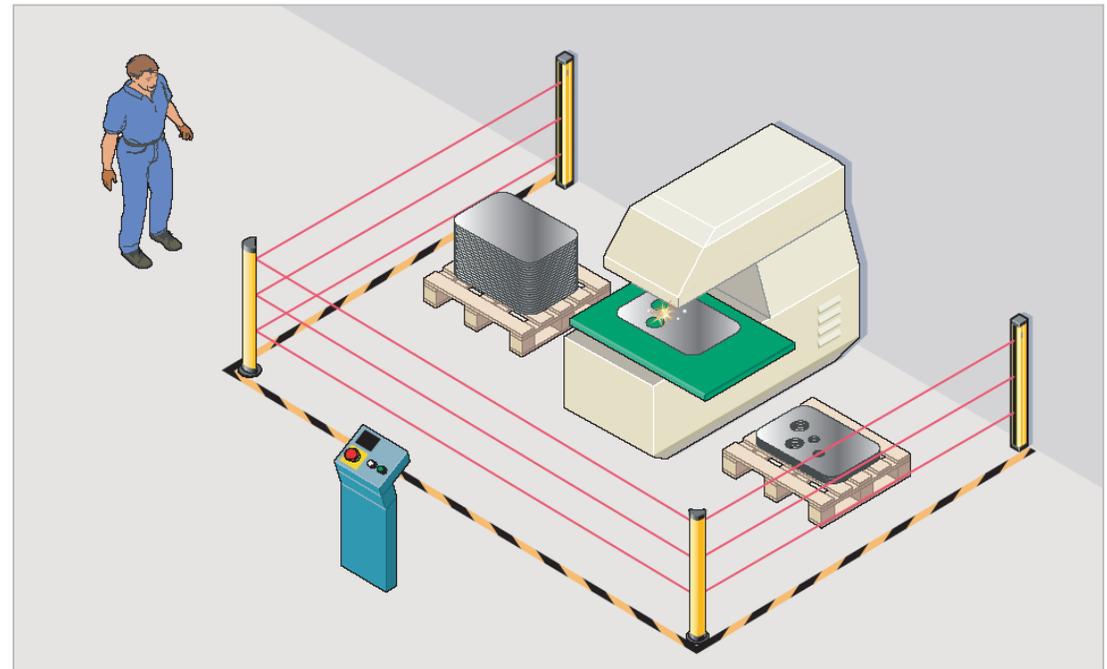
K Zugriffsgeschwindigkeit [1600mm/s]
für S > 500mm

T Nachlaufzeit [s]

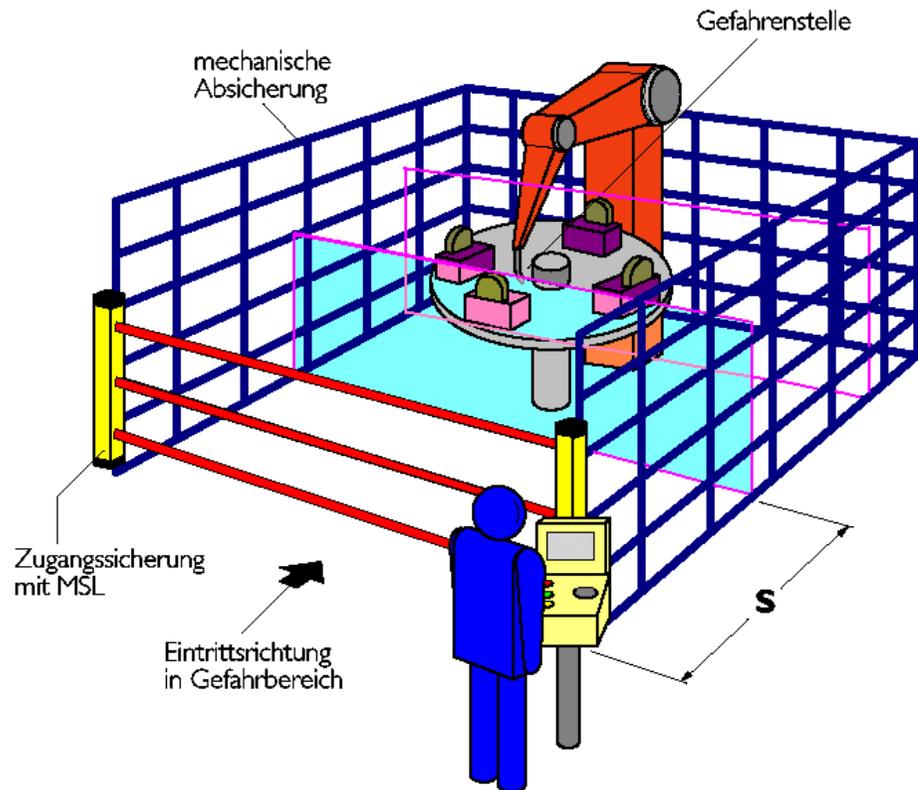
C Zuschlag [8 x (d - 14mm)]

C = Mögliche unerkannte Eindringtiefe der Hand, in Abhängigkeit vom Auflösungsvermögen „d“ der AOPD
d ≤ 40mm

- : Absicherung des Zuganges zum Gefahrenbereich
- : Körperdetektion ausreichend
- : Absicherung von großen Bereichen möglich
- : Kostengünstige bewährte Absicherung von Roboterzellen, Palletierern, Umgreifern, Stretchern, Maschinenrückseiten. Blechbearbeitungsmaschinen, etc



Sicherheitsabstände nach ISO 13855



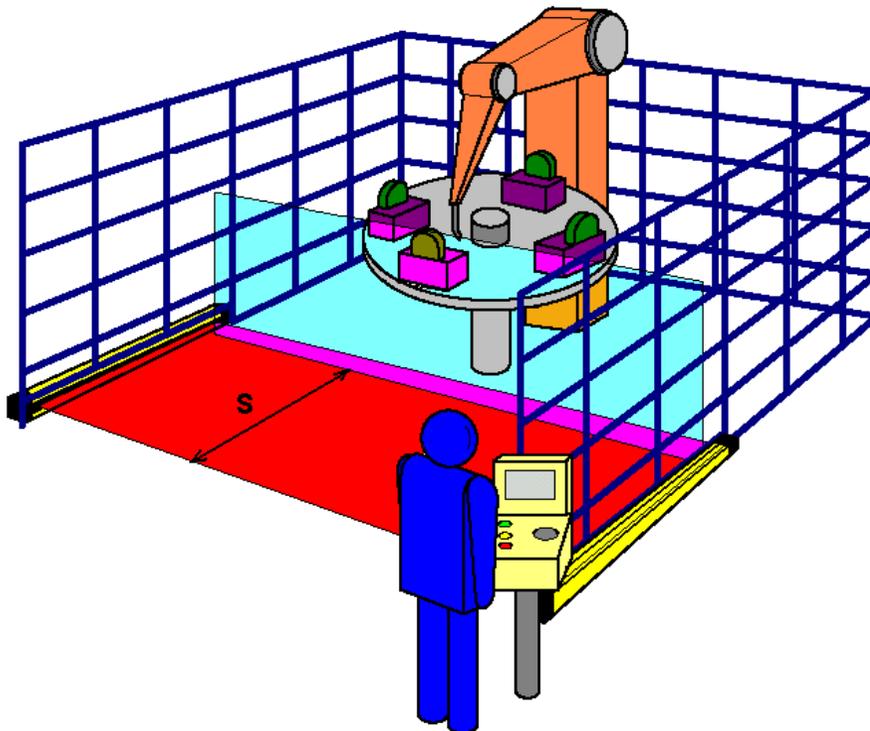
$$S = K \times T + 850\text{mm}$$

- | | | |
|----------------------|-------------------------|------------|
| S | Sicherheitsabstand | [mm] |
| K | Zutrittsgeschwindigkeit | [1600mm/s] |
| T | Nachlaufzeit | [s] |
| C | Zuschlag | [850mm] |
| C = 850mm (Armlänge) | | |

- : Absicherung von Gefahrenbereichen
- : Fuß- Körperdetektion ausreichend
- : Absicherung von großen Bereichen möglich
- : Schutz aller Gefährdeten



Sicherheitsabstände nach ISO 18355



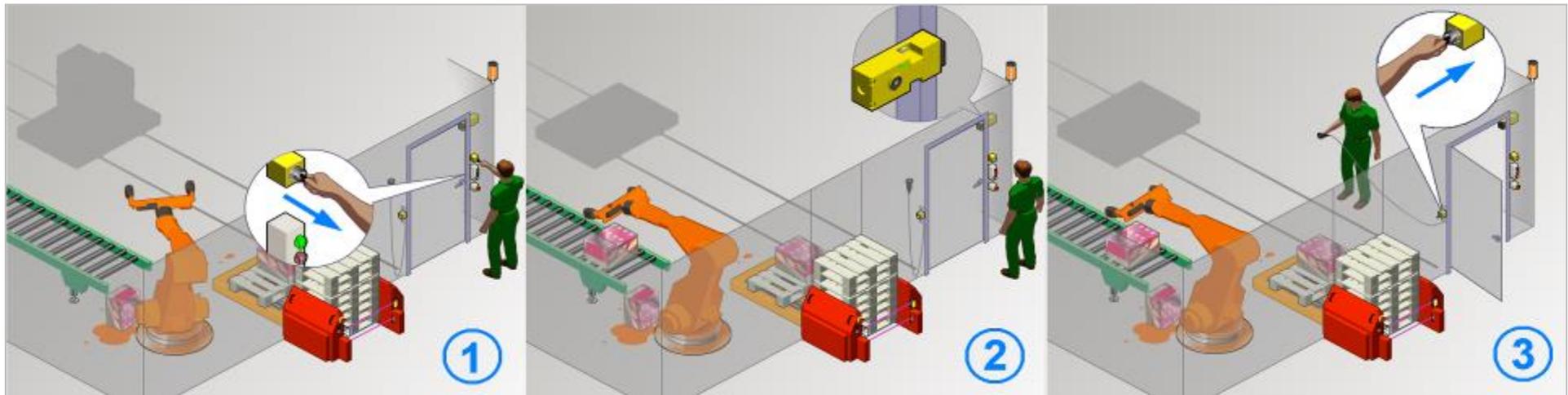
$$S = K \times T + (1200 - 0,4 \times H)$$

S	Sicherheitsabstand	[mm]
K	Zutrittsgeschwindigkeit	[1600mm/s]
T	Nachlaufzeit	[s]
C	Zuschlag	[mm]

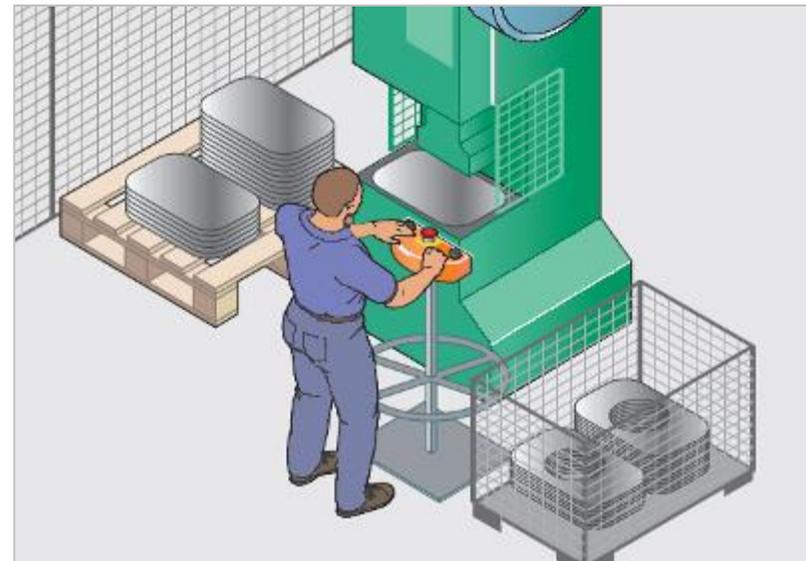
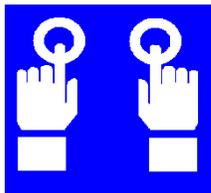
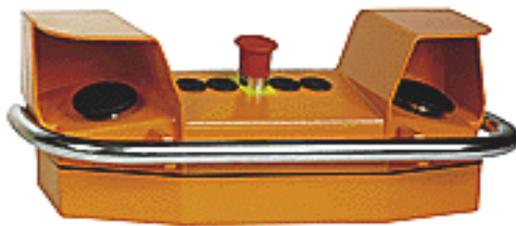
C = 1200mm (Arm + Schrittlänge)
gilt für Trittmatten und Schutzfelder
unmittelbar auf Flurebene

- : Zustimmungseinrichtungen sind als Schutzmaßnahme erlaubt wenn bei Arbeiten in Gefahrenbereichen von Maschinen und Anlagen, bei den in der **Betriebsart "manueller Betrieb"**, die Funktion der Schutzeinrichtungen unter **bestimmten Bedingungen** zeitlich limitiert aufgehoben wird.
- : Bestimmte Bedingungen sind z.B. verminderte Kraft, Geschwindigkeit, Druck, begrenzte Bewegungsdauer oder Weg etc.

Beispiel Animation Pallettierer



- : Die Zweihandschaltung ist eine „ortsbindende Maßnahme“.
- : Die Schutzwirkung wird durch die gleichzeitige Betätigung der Befehlsgeräte erreicht.
- : Je nach Risikobewertung werden verschiedene Anforderungen an Synchronizität und Betätigungsart (Tast-Tippbetrieb) gestellt.
- : Schaltgeräte (Logikeinheiten) / Zweihandschaltungen sind Geräte mit gesonderter Konformitätsbewertung (Anhang IV und V MRL).



- : Optische Signale (z.B. Blinklichter) und akustische Signale (z.B. Sirenen) können verwendet werden um vor drohenden Gefährdungen zu warnen,
- : Solche Signale können auch dazu verwendet werden, die Bedienperson zu warnen, bevor automatische Schutzmaßnahmen ausgelöst werden
- : Signale müssen
 - vor Eintritt der Gefährdung abgegeben werden
 - eindeutig und deutlich wahrnehmbar sein
 - von allen anderen verwendeten Signalen unterscheidbar,
 - von der Bedienperson und weiteren Personen klar erkennbar.
- : Die Warneinrichtungen müssen so konstruiert und angeordnet sein, dass die Überprüfung leicht durchführbar ist.
- : Die Benutzerinformation muss die regelmäßige Überprüfung von Warneinrichtungen vorschreiben.
- : Der Konstrukteur muss Risiken durch Reizüberflutung berücksichtigen, die sich aus zu vielen optischen und/oder akustischen Signalen ergeben, was zur Umgehung der Warneinrichtungen führen kann.



- : Beschriftungen auf der Maschine sollten während der erwarteten Lebensdauer dauerhaft und lesbar bleiben.
- : Zeichen oder schriftliche Warnhinweise nur mit der Aufschrift "Gefahr" dürfen nicht verwendet werden.
- : Kennzeichnungen, Zeichen und schriftliche Warnhinweise müssen leicht verständlich und eindeutig auf den betreffenden Teil der Funktion der Maschine Bezug nehmen.
- : Gut verständliche Zeichen (Piktogramme) sollten bevorzugt vor schriftlichen Warnhinweisen angewendet werden.
- : Es sollten nur Zeichen und Piktogramme angewendet werden, wenn sie in dem Kulturkreis, in dem die Maschine eingesetzt werden soll, verständlich sind.
- : Schriftliche Warnhinweise müssen in der (den) Sprache(n) des Landes, in dem die Maschine zum ersten Mal benutzt wird, und auf Anforderung auch in der (den) den Bedienpersonen verständlichen Sprache(n) abgefasst sein.
- : Kennzeichnungen müssen mit den anerkannten Normen übereinstimmen (siehe ISO 2972, ISO 7000, besonders für Piktogramme, Symbole, Farben).
- : Zu Kennzeichnungen von elektrischen Ausrüstungen siehe die Reihe IEC 60204.



Auf der Maschine müssen alle Kennzeichnungen angebracht sein, die für Folgendes notwendig sind:

- : um die Übereinstimmung mit den verbindlichen Anforderungen anzuzeigen:
 - Kennzeichnungen
 - schriftliche Hinweise
(z. B. für Maschinen, die zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen)

- : für den sicheren Gebrauch z. B.:
 - größte Drehzahl rotierender Teile;
 - größter Durchmesser von Werkzeugen;
 - Masse („Gewicht“) der Maschine selbst und/oder deren abnehmbarer Teile
 - Größte Tragfähigkeit
 - Notwendigkeit zum Tragen persönlicher Schutzausrüstung
 - Daten über die Einstellung von trennenden Schutzeinrichtungen
 - Häufigkeit von Inspektionen.



