

STARKES STUDIUM.  
PRIMA ZUKUNFT.



TECHNIK

WIRTSCHAFT

INFORMATIK

## Sicherheitstechnik, 2. Vorlesung (Safety Technology)

Campus Heilbronn

Campus Künzelsau

Reinhold-Würth-Hochschule

Campus Schwäbisch Hall

Fred Härtelt, Heilbronn

# Aktuelles Beispiel: Geschwindigkeitssensor (Pitotrohr)



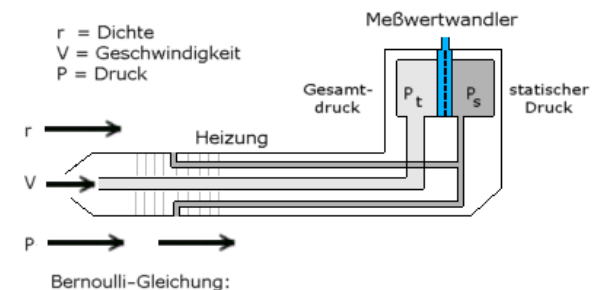
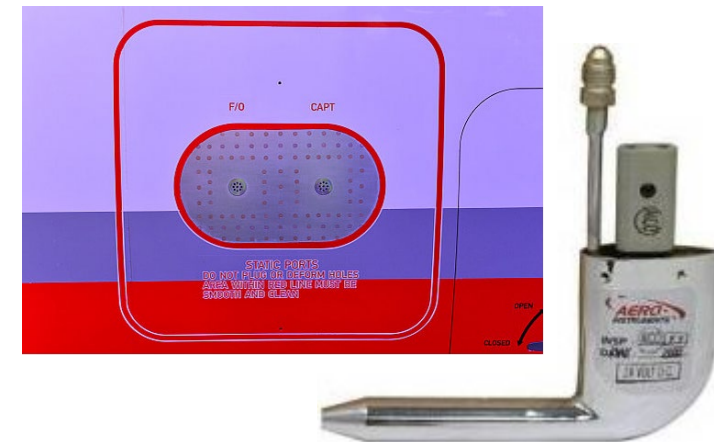
## Vereiste Sensoren

### Computerpanne schickte Lufthansa-Airbus in den Sturzflug



Die Maschine rauschte mit 1000 Metern pro Minute in die Tiefe: Irregeleitete Bordcomputer haben nach SPIEGEL-Informationen einen Lufthansa-Airbus in einen steilen Sinkflug gezwungen. Nur dank der Piloten konnte das Flugzeug wieder unter Kontrolle gebracht werden. [mehr...](#) [ Forum ]

Quellen: [www.spiegel.de](http://www.spiegel.de), [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de), [www.austrianwings.info](http://www.austrianwings.info)



$$P_s + r \cdot \left( \frac{V^2}{2} \right) = P_t$$

$$V^2 = \frac{2(P_t - P_s)}{r}$$

# Sicherheitstechnik: zeitlicher Überblick

- ▶ 1. V: Definition Sicherheit, Normen und Vorschriften (14.03.2022)
- ▶ **2. V: Festlegung von Grenzen und Gefährdungen (21.03.2022)**
- ▶ 3. V: Risikobeurteilung, -minimierung, Risikograph (28.03.2022)
- ▶ 4. V: Verteilungsfunktion, Ausfallraten, Fehlerbeherrschung (04.04.2022)
- ▶ 5. V: Fehlervermeidung, Fehlerentdeckung, FMEA (11.04.2022)
- ▶ Keine Vorlesung am 18.04.2022 (Ostermontag)
- ▶ Keine Vorlesung am 25.04.2022
- ▶ 6. V: Redundanz, Strukturierungsmaßnahmen, FTA (02.05.2022)
- ▶ 7. V: Berechnung von Ausfallraten, FMEDA, Aufgabenstellung Belegarbeit, **Einteilung der Gruppen** (09.05.2022)
- ▶ 8. V: Prozess vs. Technik, Besonderheiten HW/SW, Zuverlässigkeit SW Entwicklungsprozess, Bsp. Belegarbeit, **Beginn der Gruppenarbeit** (16.05.2022)
- ▶ Rückfragen bezüglich Gruppenarbeit am 23.05., 30.05. und 13.06.2022 (WebEx)
- ▶ Abgabetermin der Gruppenarbeiten: **20.06.2022** (vor Beginn der Präsentationen)
- ▶ Präsentationstermine der Gruppen: **20.06.2022** (vorläufiger Stand)







# Sicherheitstechnik: Wiederholung

- ▶ Wie ist Sicherheit definiert?
  - ▶ = Freiheit von unvermeidbaren Risiken
- ▶ Abgrenzung zur Funktionalen Sicherheit?
  - ▶ Funktionale Sicherheit ist der Teil der Gesamtsicherheit, der davon abhängig ist, dass ein System oder ein Betriebsmittel korrekte Antworten auf seine Eingangszustände liefert
  - ▶ = die korrekte Funktion eines Schutzsystems inklusive der Sensoren und Aktoren



# Sicherheitstechnik: Wiederholung

- ▶ Zuordnung: Beschränktes Versagen führt zu einer gefahrlosen Außerbetriebnahme
  - ▶ = Unmittelbare Sicherheit (Fail-Safe Ansatz)
- ▶ Weitere Typen von Sicherheit?
  - ▶ Mittelbare Sicherheit, Hinweisende Sicherheit



# Sicherheitstechnik: Wiederholung

## ► Vorgehen bei einer Hydraulischen Presse?

### Maschinenrichtlinie

#### Richtlinie 2006/42/EG

des europäischen Parlaments und des Rates

vom 17. Mai 2006

über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)

(Text von Bedeutung für den EWR)  
ABl. L 157 S. 24 ff.

Folgende Richtlinienänderungen sind vom Autor in den Ursprungstext der Richtlinie 2006/42/EG eingearbeitet:

- Berichtigung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (ABl. EU Nr. L 76 vom 16.3.2007, S. 35)
- Anpassung durch Verordnung (EG) Nr. 396/2009 des europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2009 (ABl. EU Nr. L 65 vom 18.7.2009, S. 14)
- Richtlinie 2009/127/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.10.2009 zur Änderung der Richtlinie 2006/42/EG betreffend Maschinen zur Ausbringung von Partikeln
- Anpassung durch Verordnung (EU) Nr. 167/2013 vom 5. Februar 2013 über die Genehmigung und Marktüberwachung von land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen (ABl. EU Nr. L 60 vom 2.3.2013, S. 1)



**DIN EN 693:2011-11 (D)**  
Werkzeugmaschinen - Sicherheit - Hydraulische Pressen; Deutsche Fassung EN 693:2001/A2:2011

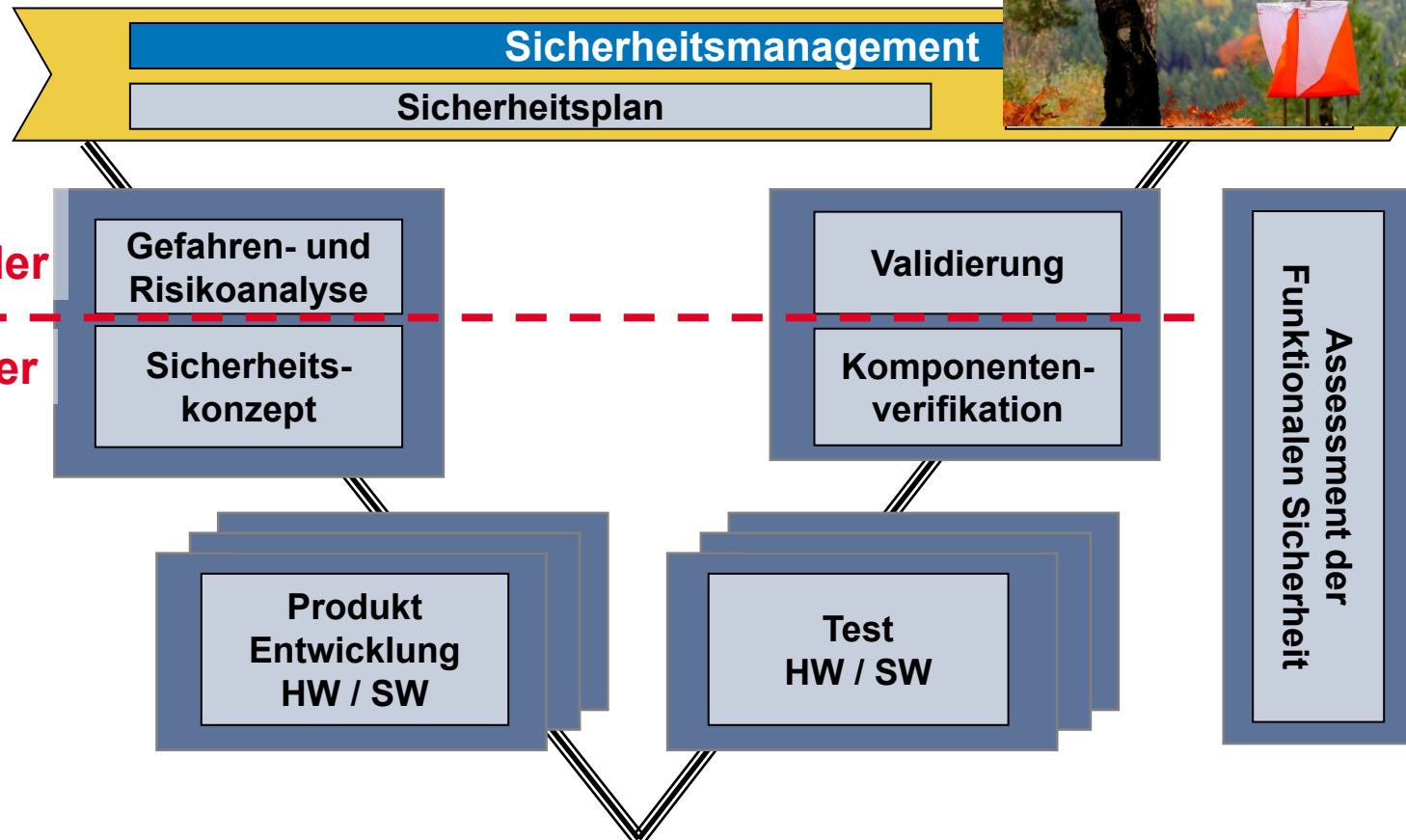
Inhalt	Seite
Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	7
4 Liste der Gefährdungen	12
5 Sicherheitsanforderungen und -maßnahmen	14
5.1 Einleitung	14
5.2 Grundlegende Überlegungen zur Gefährdung	14
5.3 Mechanische Gefährdungen im Werkzeugbereich	17
5.4 Steuerung- und Überwachungseinrichtungen	20
5.5 Elektrischen, Probefehler, Instandhaltung und Schließung	28
5.6 Andere mechanische Gefährdungen	27
5.7 Asbestisches, Stößen und Rutschen	28
5.8 Schutz vor anderen Gefährdungen	30
6 Feststellung der Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen und/oder -maßnahmen	34
7 Benutzerinformationen	41
7.1 Kennzeichnung	41
7.2 Betriebsanleitung	42
Anhang A (normativ) Berechnung der Mindestsicherheitsabstände	44
Anhang B (normativ) Ansprechzeit des Hydrauliksystems	46
Anhang C (informativ) Sichere Werkzeuge	47
Anhang D (informativ) Verriegelungseinrichtungen im Zusammenhang mit brennenden Schutzvorrichtungen	48
Anhang E (informativ) Berührunglos wirkende Schutzvorrichtungen (BWS) als aktive optoelektronische Schutzvorrichtungen (AOS)	51
Anhang F (informativ) Bedingungen für die Geräuschmessung an hydraulischen Pressen	52
Anhang G (informativ) Anschluss einer Nachlaufzeit-Messvorrichtung	53
Anhang ZA (informativ) (Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG)	54
Literaturhinweise	56





## Sicherheitstechnik: Wiederholung

### ► ISO26262: Verantwortlichkeiten?





# Sicherheitstechnik

## Inhalte

- ▶ Definition Sicherheit
- ▶ Aktuelle Normen und Vorschriften
- ▶ Methoden und Verfahren
  - ▶ Risikobeurteilung und –minderung, Risikograph
  - ▶ Verteilungsfunktionen, Ausfallraten, Fehlerbeherrschung und Vermeidung, Fehlerentdeckung, Redundanz
  - ▶ Strukturierungsmaßnahmen, FMEA, FTA, FMEDA u.a.
  - ▶ Unterscheidung Prozess vs. Technik
- ▶ Besonderheiten hinsichtlich Hardware und Software (Zuverlässigkeit SW Entwicklungsprozess)

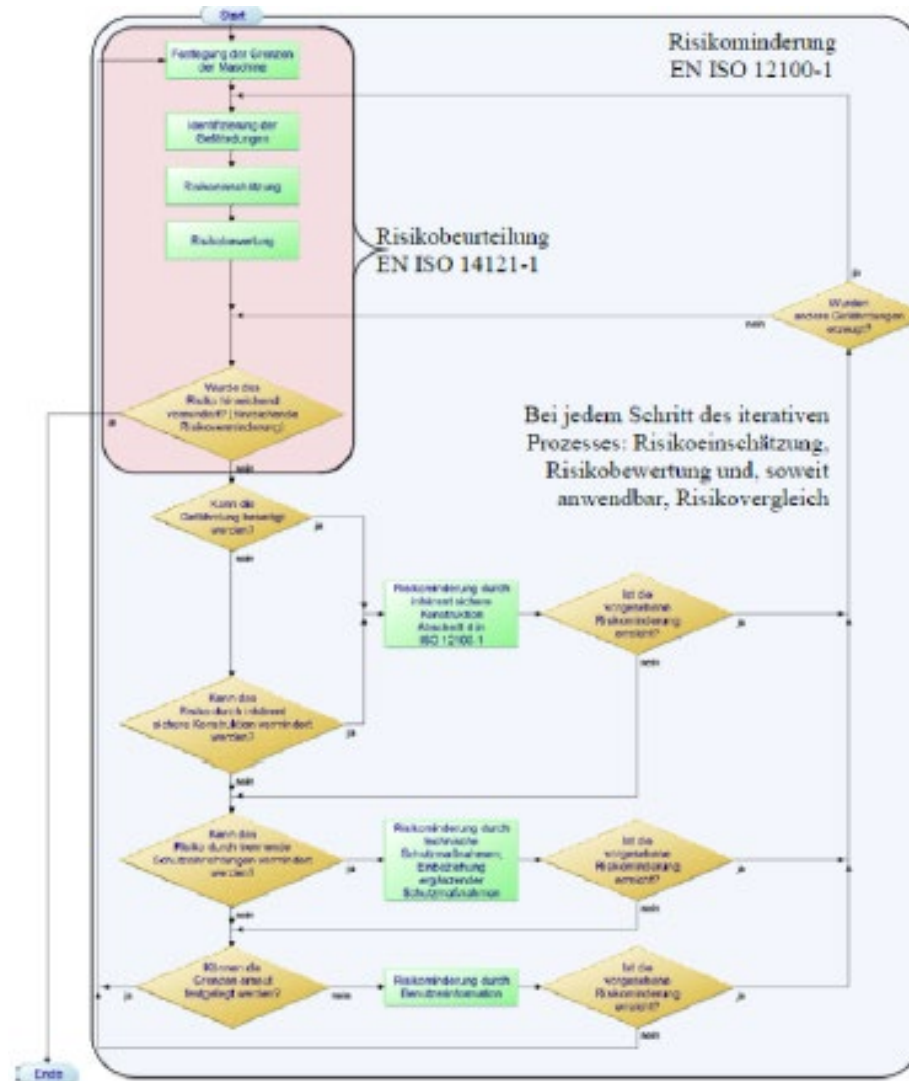


# Risikobeurteilung und -minderung

- ▶ Prozess zur Risikominimierung (Strategie zur Risikominderung nach EN ISO 12100-1)
  - ▶ (1) Festlegen der Grenzen und der bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine
  - ▶ (2) Identifizieren von Gefährdungen und zugehörigen Gefährdungssituationen
  - ▶ (3) Risikoeinschätzung für jede identifizierte Gefährdung und Gefahrensituation
  - ▶ (4) Bewerten des Risikos und entscheiden über die Notwendigkeit der Risikominimierung
  - ▶ (5) Gefährdungsbeseitigung oder Vermindern des Risikos der Gefährdung durch Schutzmaßnahmen



# Risikobeurteilung und -minderung



# Risikobeurteilung: Festlegen von Grenzen der Maschine

- ▶ **Verwendungsgrenzen**
  - ▶ Bestimmungsgemäße Verwendung
  - ▶ Vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung
  - ▶ Einsatzbereich der Maschine
  - ▶ Einsatzbereich der Personen
  - ▶ Ausbildung, Erfahrung oder Fähigkeiten der Benutzer
- ▶ **Räumliche Grenzen**
  - ▶ Bewegungsraum
  - ▶ Platzbedarf des Personals
  - ▶ Mensch-Maschine-Schnittstellen
  - ▶ Schnittstelle der Maschine zur Energieversorgung
- ▶ **Zeitliche Grenzen**
  - ▶ Lebensdauer der Maschine und / oder einiger Bauteile
  - ▶ Wartungsintervalle
- ▶ **Weitere Grenzen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, UV-Beständigkeit, IP Schutzart, Erforderliche Sauberkeit, Eigenschaften des zu verarbeiteten Materials / Materialien)**

# Risikobeurteilung: Festlegen von Grenzen der Maschine und Identifizierung der Gefährdungen

Festlegen der Grenzen der Maschine			
1.	Verwendungsgrenzen		
	Bestimmungsgemäße Verwendung		
	Vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung		
Einsatzbereich der Maschine			
	Privat		
	Gewerblich / Industrie		
	Nutzergruppen	Aufgabe	Qualifikation/Beeinträchtigungen
	Auszubildende/r		
	Qualifiziertes Fachpersonal		
	Bedienpersonen		
	Laien		
	Allgemeine Öffentlichkeit/Kinder/ältere Menschen		
2.	Räumliche Grenzen		
	Beschreibung der Maschine / des Systems		
	Schnittstellen zu anderen Maschinen		
	Schnittstellen zur Energieversorgung		
3.	Zeitliche Grenzen		
	Vorgesehene Verwendungsdauer		
	Empfohlene Wartungsintervalle	Siehe Betriebsanleitung	
4.	Weitere Grenzen		
	Höchste/niedrigste Umgebungstemperaturen		
	Erforderlicher Grad der Sauberkeit		
	Materialien und Eigenschaften der verarbeiteten Materialien		



Elektrische Spannung



Einzugsgefahr



Stolpergefahr



Automatischer Anlauf

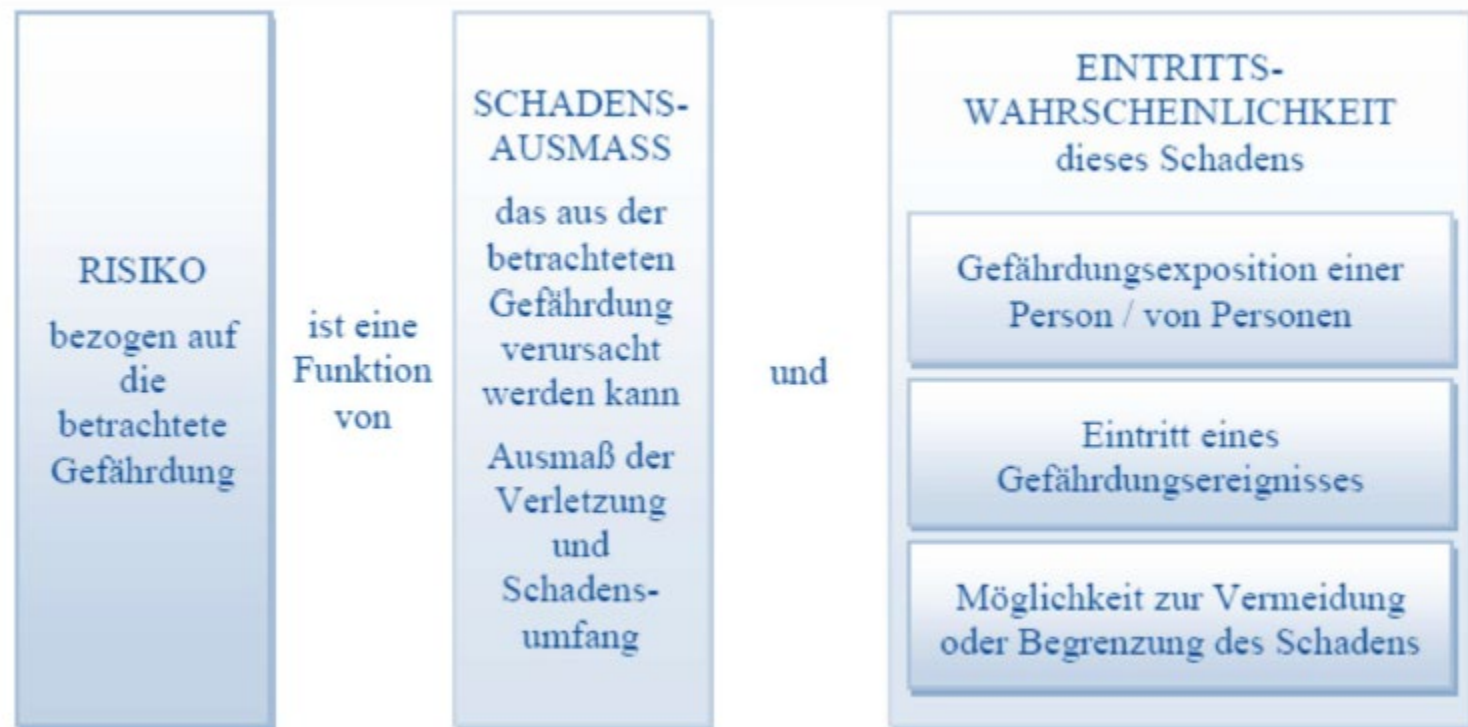


Handverletzungen



Quetschgefahr

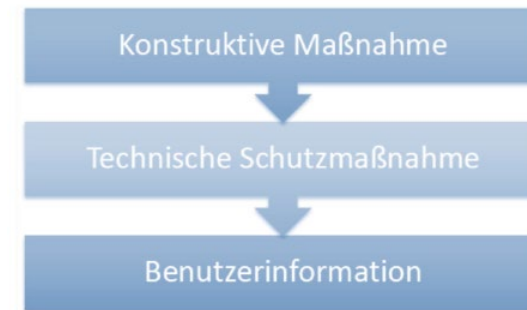
## Risikobeurteilung: Risikoeinschätzung



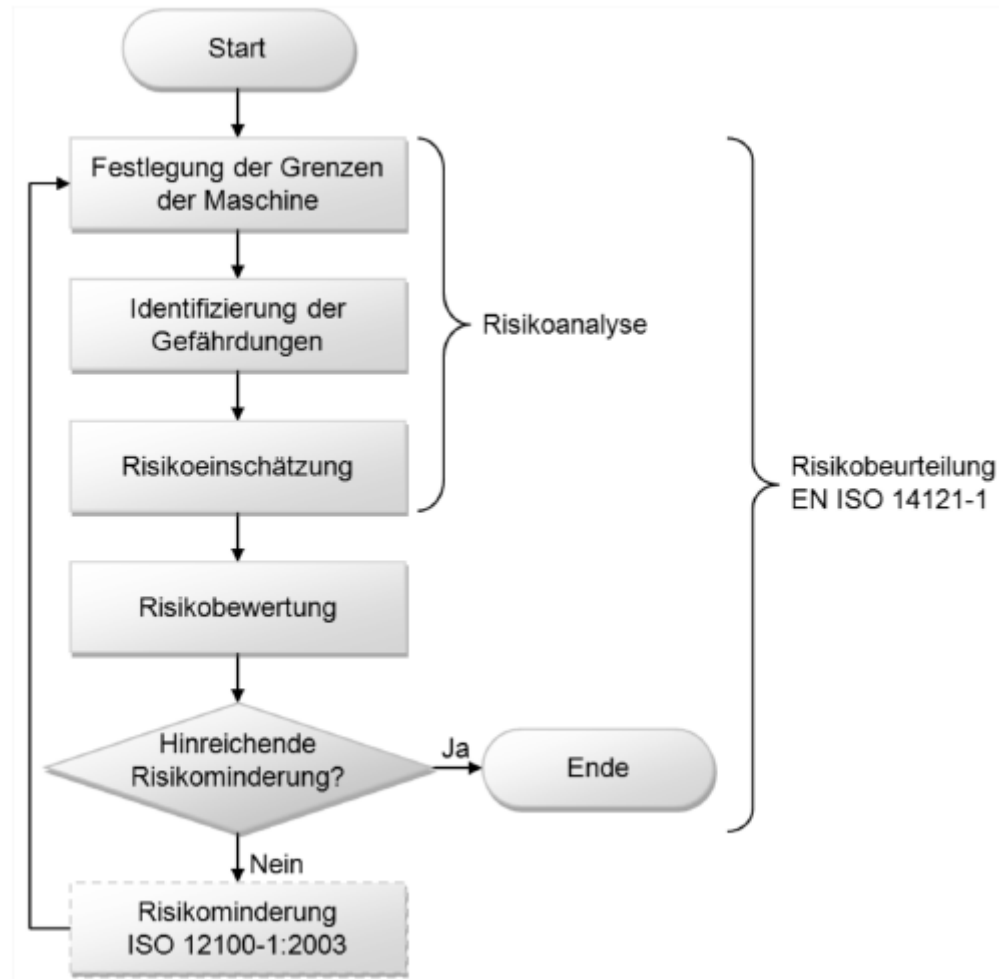


## Risikobeurteilung: Festlegen von Grenzen der Maschine

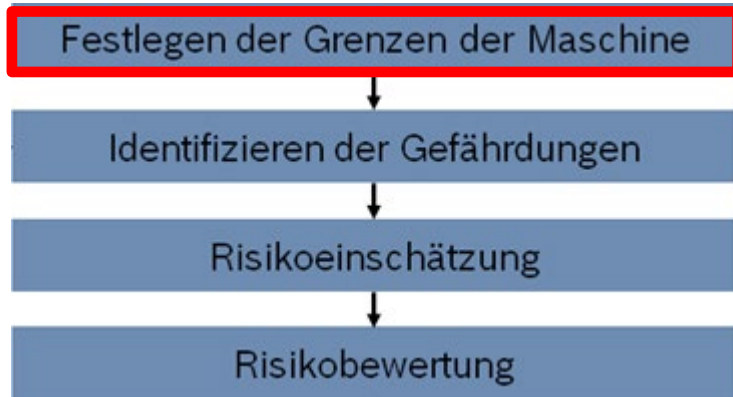
- ▶ Entscheidung, ob
  - ▶ a) eine hinreichende Risikominderung erreicht ist
  - ▶ b) eine Risikominderung notwendig ist
- ▶ Eine hinreichende Risikominderung ist erreicht, wenn alle Betriebsbedingungen und Eingriffsmöglichkeiten berücksichtigt und alle Gefährdungen beseitigt oder vermindert wurden, auch jene die durch die Risikominderung entstanden sind.
- ▶ Eine vollständige Liste von Punkten, die zum Erreichen einer hinreichenden Risikominderung erforderlich sind, listet die EN ISO 14121-1 im Kapitel 8.2.2 auf.
- ▶ Nach jeder Risikominderung ist das Verfahren erneut zu durchlaufen und erneut eine Risikobewertung vorzunehmen.



# Risikobeurteilung und -minderung



# Sicherheitstechnik: Übung 1



Festlegen der Grenzen der Maschine			
1.	Verwendungsgrenzen		
	Bestimmungsgemäße Verwendung		
	Vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung		
	Einsatzbereich der Maschine		
	Privat		
	Gewerblich / Industrie		
	Nutzergruppen	Aufgabe	Qualifikation/Beeinträchtigungen
	Auszubildende/r		
	Qualifiziertes Fachpersonal		
	Bedienpersonen		
	Laien		
	Allgemeine Öffentlichkeit/Kinder/ältere Menschen		
2.	Räumliche Grenzen		
	Beschreibung der Maschine / des Systems		
	Schnittstellen zu anderen Maschinen		
	Schnittstellen zur Energieversorgung		
3.	Zeitliche Grenzen		
	Vorgesehene Verwendungsdauer		
	Empfohlene Wartungsintervalle	Siehe Betriebsanleitung	
4.	Weitere Grenzen		
	Höchste/niedrigste Umgebungstemperaturen		
	Erforderlicher Grad der Sauberkeit		
	Materialien und Eigenschaften der verarbeiteten Materialien		

# Sicherheitstechnik: Lösung Übung 1

1.	Verwendungsgrenzen		
	Bestimmungsgemäße Verwendung	Spalten von Holzklötzen	
	Vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung	Bedienung der Spaltmaschine durch zwei Personen, indem eine Person zu spaltendes Material auflegt und die andere Person den Spaltvorgang auslöst.	
	Einsatzbereich der Maschine		
	Private Nutzung	ja	
	Industrie	nein	
	Nutzergruppen	Aufgabe	Qualifikation/Beeinträchtigungen
	Fachpersonal	Reparatur	Fachausbildung
	Bedienpersonen	Bedienen	nicht erfahren/angelernt/erfahren



# Sicherheitstechnik: Lösung Übung 1

<b>2.</b>	<b>Räumliche Grenzen</b>	
	Beschreibung der Maschine / des Systems	Spaltmaschine bestehend aus einem Maschinengestell mit Spaltkeil, Hydraulikzylinder, elektrisch angetriebene Hydraulikpumpe. Das Auslösen des Spaltvorgangs geschieht durch Betätigen einer Zweihandsteuerung.
	Schnittstellen zu anderen Maschinen	keine
	Schnittstellen zur Energieversorgung	elektrische Energieversorgung

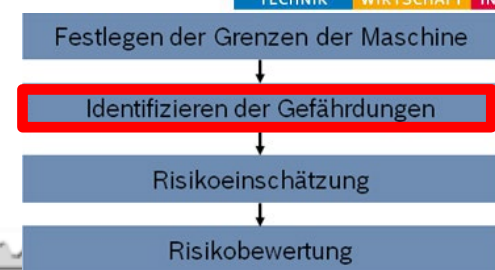
# Sicherheitstechnik: Lösung Übung 1


<b>3.</b>	<b>Zeitliche Grenzen</b>	
	Vorgesehene Verwendungsdauer	Verwendungsdauer nicht beschränkt (20 Jahre)
	Empfohlene Wartungsintervalle	Siehe Betriebsanleitung

<b>4.</b>	<b>Weitere Grenzen</b>	
	Höchste/niedrigste Umgebungstemperaturen	Siehe Betriebsanleitung
	Erforderlicher Grad der Sauberkeit	Keine besonderen Anforderungen
	Materialien und Eigenschaften der verarbeiteten Materialien	Holz und gleichartige Werkstoffe, die nicht biegsam bzw. in besonderem Maße elastisch sind.

# Risikobeurteilung und -minderung

## Bsp.: Gefahrenidentifizierung



nr.	Art oder Gruppe	beispiele für Gefährdungen		Risikobewertung
1		Ursprung	Mögliche Folgen	
		Standfestigkeit/-sicherheit	Überfahren werden	
		Beweglichkeit der Maschine	Weggeschleudert werden	
		Schwerkraft (gespeicherte Energie)	Quetschen	
		Höhe über dem Boden	Schneiden oder Abschneiden	
		Herabfallende Gegenstände	Einziehen oder Fangen	
		Elastische Elemente	Erfassen	
		raue, rutschige Oberfläche	Reiben oder Abschürfen	
		scharfe Kanten	Stoß	
		Spitze Teile	Eindringen von unter Druck stehenden Medien	
		Schneidende Teile	Scheren	
		sich bewegende Teile	Ausrutschen, Stolpern und Stürzen	
		rotierende Teile	Durchstich oder Einstich	
		Beschleunigung/Abbremsung (Kinetische Energie)	Ersticken	
		Annäherung eines sich bewegenden Teils an ein feststehendes Teil	Erschlagen werden	
		Vakuum		
Hochdruck				
2		Lichtbogen	Verbrennung	
		elektromagnetische Vorgänge	chemische Reaktion	
		elektrostatische Vorgänge	Auswirkung auf medizinische Implantate	
		spannungsführende Teile	tödlicher Stromschlag	
		unzureichender Abstand zu unter Hochspannung stehenden Teilen	Stürzen, Weggeschleudert werden	
		Überlast	Feuer	
		Teile, die im Fehlerzustand spannungsführend geworden sind	Herausschleudern von geschmolzenen Teilen	
		Kurzschluss	(elektrischer) Schlag	
		Wärmestrahlung		
3		Explosion	Verbrennung	
		Flamme	Dehydrierung	
		Objekte oder Materialien hoher oder niedriger Temperatur	Unbehagen	
		Strahlung von Wärmequellen	Erfrierung	
			Verletzung durch Strahlung von Wärmequellen	
			Verbrennung	

# Risikobeurteilung und -minderung

## Bsp.: Risikobeurteilung

Festlegen der Grenzen der Maschine

Identifizieren der Gefährdungen

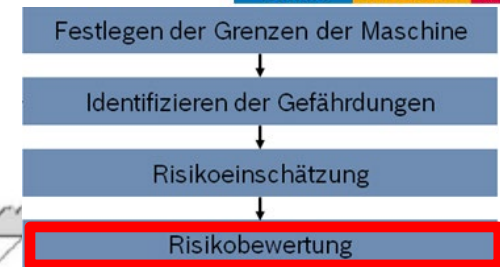
**Risikoeinschätzung**

Risikobewertung

Maschine		TMP_Maschinenbezeichnung		Version						
Methode		Checkliste nach ISO 14121-1:2007 Anhang A		Datum						
Ref. Nr.	Gefährdung in Folge von:	Gefährdung zutreffend? (Ja/Nein)	Lebenszyklus (N, E, M, I, W, T)	Ursache der Gefährdung	Risikoeinschätzung Anfangsrisiko	Schutzmaßnahme	Risikoeinschätzung nach Risikominderung	Schutzmaßnahme ausreichend? (Ja/Nein)	Gefahrensstelle (Zeichnungsnummer)	Maßnahme geprüft Datum, Unterschrift
					S W Σ		S W Σ			
<b>1</b>	<b>Mechanische Gefährdung</b>									
1.1	Form									
1.2	Relative Anordnung									
1.3	Masse und Standfestigkeit z. B. Umkippen									
1.4	Masse und Geschwindigkeit									
1.5	Unzureichende mechanische Festigkeit									
1.6	Ansammlung von Energie elastische Elemente									
1.7	Ansammlung von Energie Flüssigkeiten und Gase unter Druck									
1.8	Ansammlung von Energie durch Unterdruck									
1.9	Gefährdung durch Quetschen									
1.10	Gefährdung durch Scheren									
1.11	Gefährdung durch Schneiden oder Abscheiden									
1.12	Gefährdung durch Erfassen oder Aufwickeln									
1.13	Gefährdung durch Einziehen oder Fangen									
1.14	Gefährdung durch Stoß									



## Risikobeurteilung und -minderung Bsp.: Risikobeurteilung



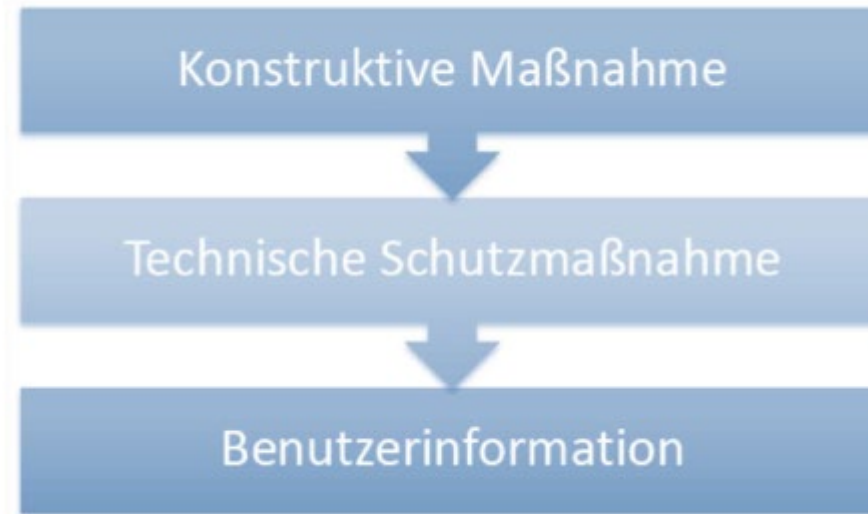
**Die Risikomatrix**

		Konsequenz					
		Reversibel		Irreversibel			
Eintrittswahrscheinlichkeit		0	2	3	3	5	
	häufig	5	5	7	8	8	10
	gelegentlich	4	4	6	7	7	9
	selten	3	3	5	6	6	8
	unwahrscheinlich	2	2	4	5	5	7
	praktisch unmöglich	1	1	3	4	4	6

Werte über 5 sind nicht akzeptabel

# Risikobeurteilung und -minderung

## Bsp.: Zusammenfassung



## Festlegen der Grenzen der Maschine

[illegible]

# Sicherheitstechnik: Lösung Übung 2

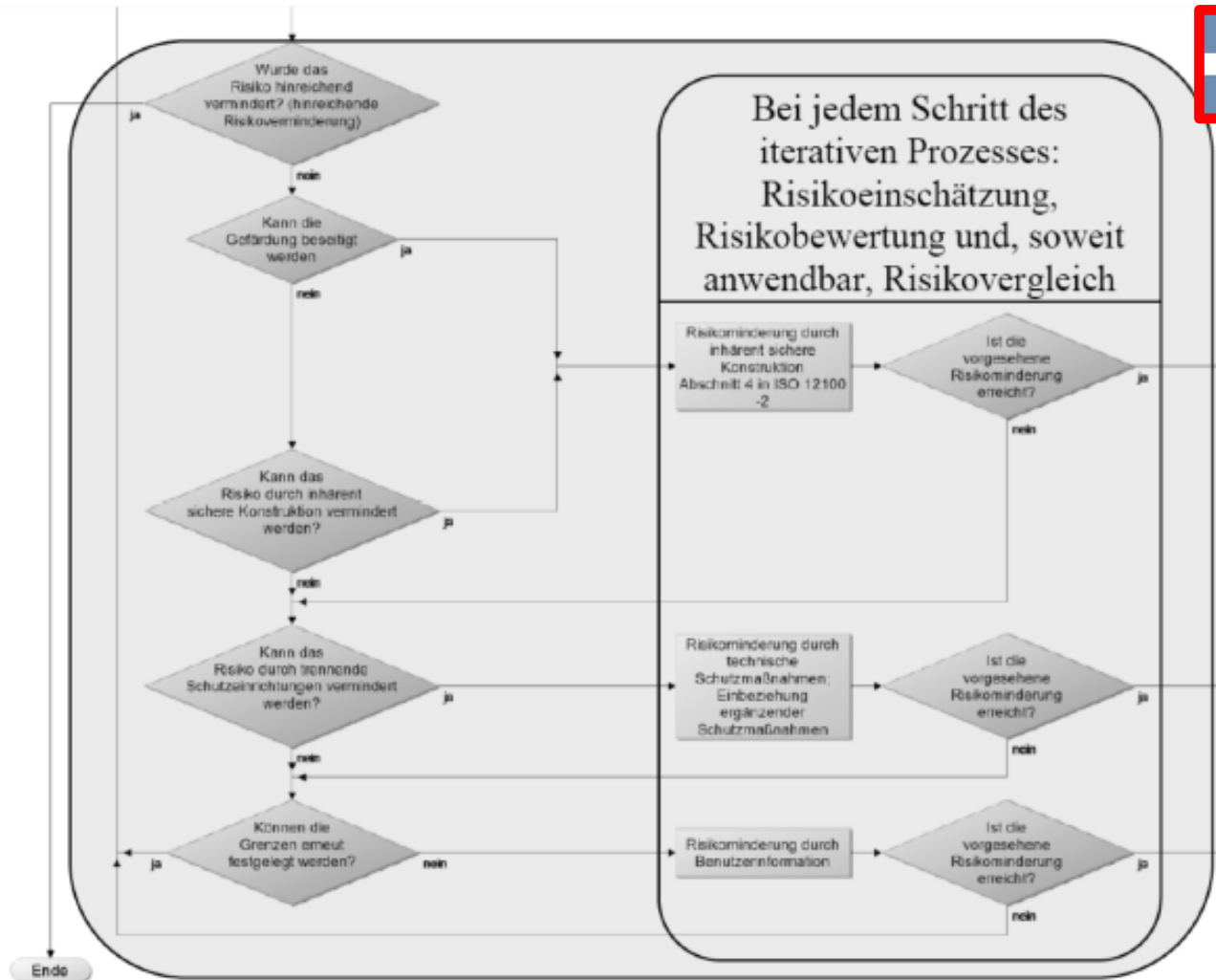
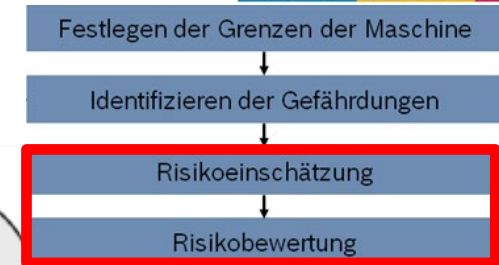
	Lebens- phasen	Gefährdung
1	Transport	Gefährdungen durch unsachgemäßen Transport der Maschine
2	Betrieb	Herunterfallen von Holzstücken auf die Beine/Füße der Bedienerperson, wenn diese gespalten werden.
3	Betrieb	Verletzungen der Hände bei unsachgemäßer Handhabung der Maschine, wenn sich Holzklötze verklemmt haben.
4	Betrieb	Schneiden bzw. Abschneiden von Händen oder Fingern am Spaltkeil beim Auflegen oder Halten von Spaltmaterial und gleichzeitigem Auslösen des Spaltvorgangs.
5	Betrieb	Gefährdungen durch unsachgemäße Verwendung, Spalten von ungeeignetem Material, Material falscher Größe oder aufgrund der Auswahl ungeeigneter persönlicher Schutzausrüstungen

# Sicherheitstechnik: Lösung Übung 2

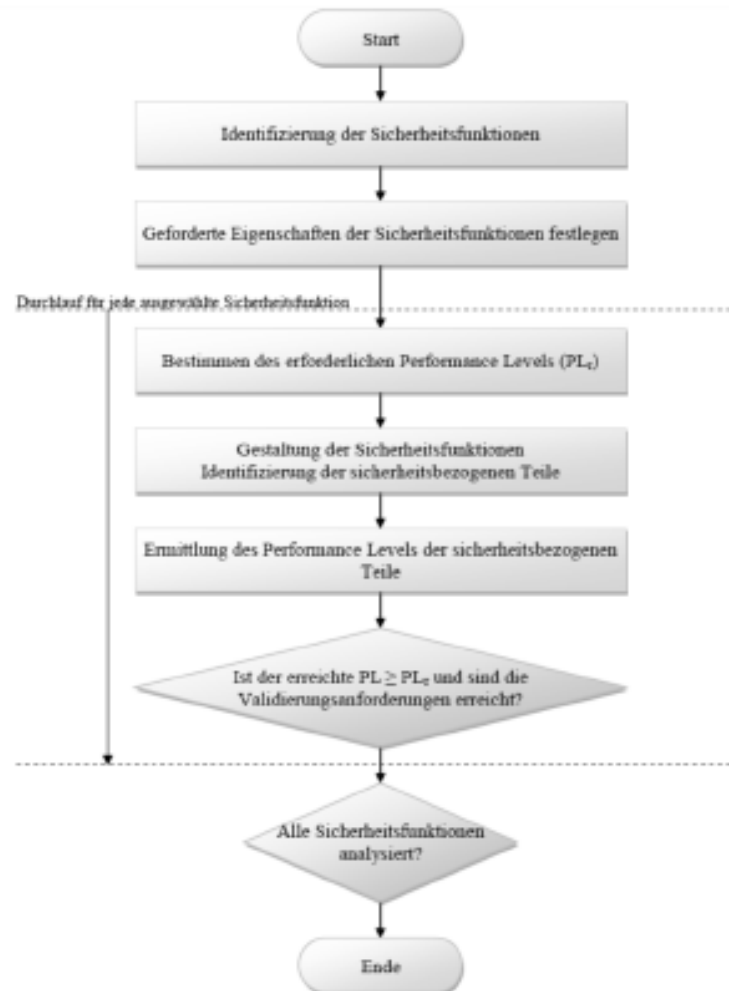
6	Betrieb	Herausspritzen von Hydrauliköl unter hohem Druck, wenn Leitungen undicht werden oder bersten
7	Betrieb, Wartung, Transport	Quetschen von Gliedmaßen, wenn die Maschine aufgrund mangelnder Standsicherheit umfällt.
8	Wartung	Schneiden bzw. Abschneiden von Händen oder Fingern am Spaltkeil bei versehentlichem Auslösen des Spaltvorgangs, während im Bereich des Spaltkeils gearbeitet wird.
9	Betrieb, Wartung, Reparatur	Elektrische Gefährdung. Direkte oder indirekte Berührung von unter Spannung stehenden Teilen, wenn Fehler an elektrischen Bauteilen auftreten.



## Risikobeurteilung und -minderung

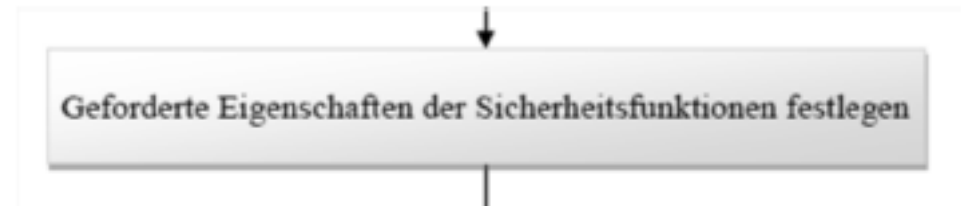


# Auswahl von sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung



# Geforderte Eigenschaften von Sicherheitsfunktionen

- ▶ Festlegung durch C-Norm
- ▶ Falls keine C-Norm vorhanden: Konstrukteur



# Geforderte Eigenschaften von Sicherheitsfunktionen

**Tabelle 4-2: Sicherheitsfunktionen nach DIN EN 13849-1**

Sicherheitsfunktion	Beispiele für mögliche Anwendung
Sicherheitsbezogene Stoppfunktion, eingeleitet durch eine Schutzeinrichtung	Reaktion auf das Auslösen einer Schutzeinrichtung durch STO, SS1 oder SS2
Manuelle Rückstellfunktion	Quittierung beim Verlassen von hintertretbaren Bereichen
Start-/Wiederanlauffunktion	Nur zulässig bei steuernden trennenden Schutzeinrichtungen nach DIN EN ISO 12100-2
Lokale Steuerungsfunktion	Steuern von Maschinenbewegungen von einem Standort innerhalb des Gefahrenbereichs
Mutingfunktion	Zeitweises Unwirksammachen von Schutzeinrichtungen, z. B. beim Materialtransport.
Einrichtung mit selbsttätiger Rückstellung (Tippschalter)	Maschinenbewegung gesteuert von einem Standort innerhalb des Gefahrenbereichs, z. B. beim Einrichten
Zustimmungsfunktion	Maschinenbewegung gesteuert von einem Standort innerhalb des Gefahrenbereichs, z. B. beim Einrichten oder Teachen von Robotern
Verhinderung des unerwarteten Anlaufs	Manueller Eingriff in Gefahrenbereiche
Befreiung und Rettung eingeschlossener Personen	Auseinanderfahren von Walzen
Isolations- und Energieableitungsfunktion	Öffnung eines Hydraulikventils zum Druckabbau
Steuerungsfunktion und Betriebsartenwahl	Aktivierung von Sicherheitsfunktionen durch Betriebsartenwahlschalter
Funktion zum Stillsetzen im Notfall	Reaktion auf die Betätigung eines Not-Halt-Geräts durch STO oder SS1

**Tabelle 4-3: Sicherheitsfunktionen nach DIN EN 61890-5-2**

Abkürzung	Bezeichnung englisch	Bezeichnung deutsch	Funktion
STO	Safe Torque Off	Sicher abgeschaltetes Moment	Motor erhält keine Energie, die eine Drehbewegung erzeugen kann; Stopp-Kategorie 0 nach DIN EN 60204-1.
SS1	Safe Stop 1	Sicherer Stopp 1	Motor verzögert; Überwachung Bremsrampe und STO nach Stillstand oder STO nach Ablauf einer Verzögerungszeit Stopp-Kategorie 1 nach DIN EN 60204-1.
SS2	Safe Stop 2	Sicherer Stopp 2	Motor verzögert; Überwachung Bremsrampe und SOS nach Stillstand oder SOS nach Ablauf einer Verzögerungszeit Stopp-Kategorie 2 nach DIN EN 60204-1.
SOS	Safe Operating Stop	Sicherer Betriebsstopp	Motor steht still und widersteht externen Kräften.
SLA	Safely-Limited Acceleration	Sicher begrenzte Beschleunigung	Das Überschreiten eines Beschleunigungsgrenzwerts wird verhindert.
SLS	Safely-Limited Speed	Sicher begrenzte Geschwindigkeit	Das Überschreiten eines Geschwindigkeitsgrenzwerts wird verhindert.
SLT	Safely-Limited Torque	Sicher begrenztes Moment	Das Überschreiten eines Drehmoment/Kraftgrenzwerts wird verhindert.
SLP	Safely-Limited Position	Sicher begrenzte Position	Das Überschreiten eines Positionsgrenzwerts wird verhindert.
SLI	Safely-Limited Increment	Sicher begrenztes Schrittmaß	Der Motor wird um ein spezifiziertes Schrittmaß verfahren und stoppt anschließend.
SDI	Safe Direction	Sichere Bewegungsrichtung	Die nicht beabsichtigte Bewegungsrichtung des Motors wird verhindert.
SMT	Safe Motor Temperature	Sichere Motortemperatur	Das Überschreiten eines Motortemperaturgrenzwerts wird verhindert.
SBC	Safe Brake Control	Sichere Bremsansteuerung	Sichere Aasteuerung einer externen Bremse
SCA	Safe Cam	Sichere Nocken	Während sich die Motorposition in einem spezifizierten Bereich befindet wird ein sicheres Ausgangssignal erzeugt.
SSM	Safe Speed Monitor	Sichere Geschwindigkeitsüberwachung	Während die Motordrehzahl niedriger als ein spezifizierter Wert ist, wird ein sicheres Ausgangssignal erzeugt.
SAR	Safe Acceleration Range	Sicherer Beschleunigungsbereich	Die Beschleunigung des Motors wird innerhalb spezifizierter Grenzwerte gehalten.
SSR	Safe Speed Range	Sicherer Geschwindigkeitsbereich	Die Geschwindigkeit des Motors wird innerhalb spezifizierter Grenzwerte gehalten.
STR	Safe Torque Range	Sicherer Momentenbereich	Das Drehmoment des Motors (die Kraft bei Linearantrieben) wird innerhalb spezifizierter Grenzwerte gehalten.

# Beispiel

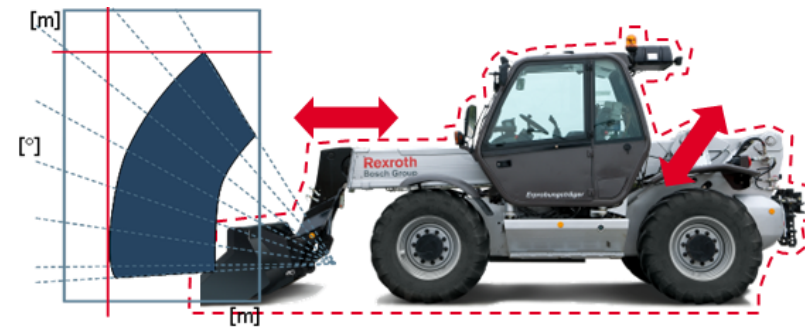
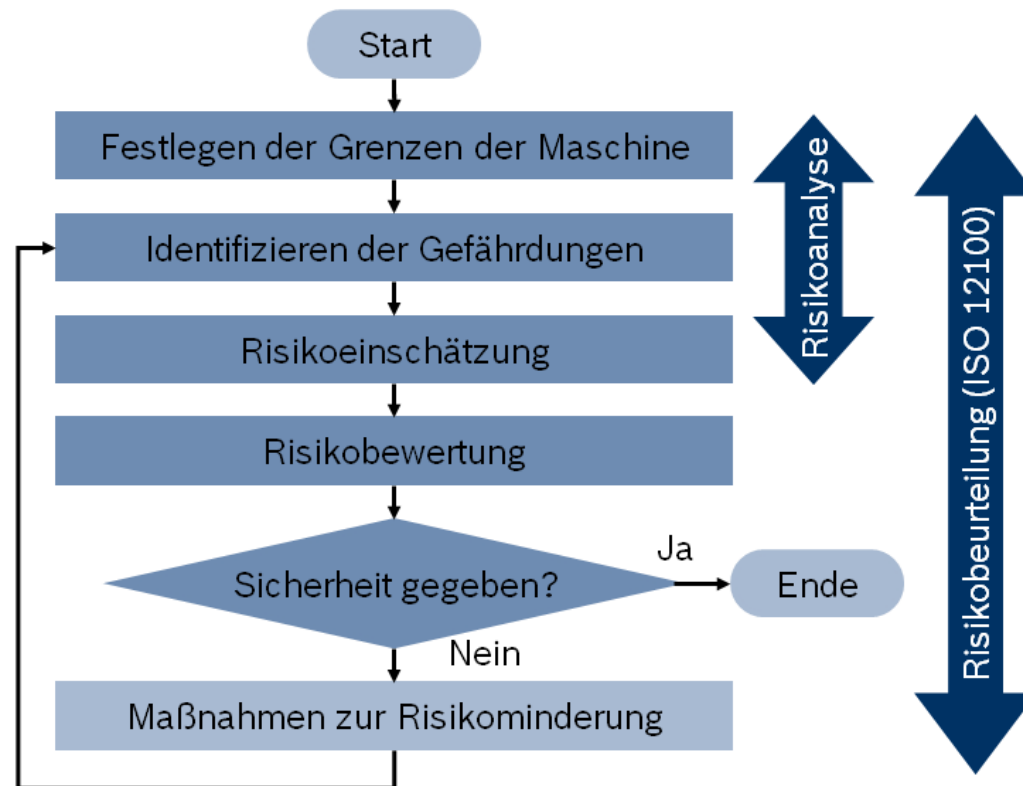


1. Risikobeurteilung und –minderung
- 2. Identifikation der Sicherheitsfunktionen**
3. Bestimmen des  $PL_r$
4. Auswahl der Systemarchitektur
5. Modellieren des Systems als Blockdiagramm
6. Fehler und Diagnose
7. Bestimmen des PL
8. Bewerten der Robustheit der Steuerung - Fehlervermeidung
9. Software-Anforderungen
10. Verifizieren und Validieren

Quelle: Nach [4]



## Beispiel

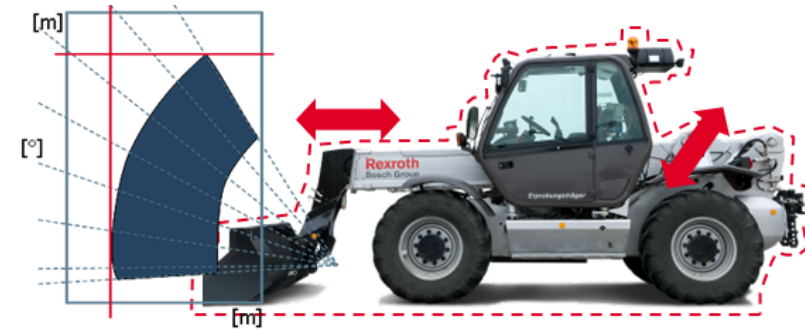
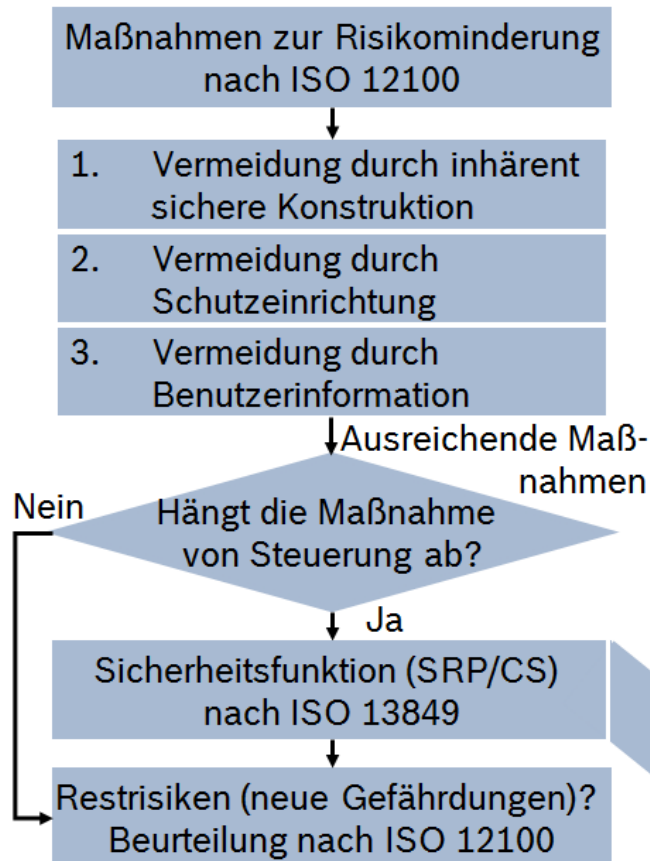


DEUTSCHE NORM		June 2012
	DIN EN 1459	<b>DIN</b>
ICS 53.060	Ersatz für DIN EN 1459:2010-05	
Sicherheit von Flurförderzeugen – Kraftbetriebene Stapler mit veränderlicher Reichweite; Deutsche Fassung EN 1459:1998+A3:2012 Safety of industrial trucks –		

- Gibt es eine **C-Norm** für die Maschine? Diese als Vorlage nutzen.
- Beispiel: Schwere Verletzung durch unerwartete teleskopische Bewegung

Quelle: Nach [4]

# Beispiel



Procedure	Machine	Joystick	Controller	Valve
Identify the hazard	Unexpected telescopic movement	-	-	-
Define the trigger event	User commands stop	Joystick in neutral position	-	-
Define the safe state	Telescopic movement stopped	-	-	Valve in neutral position
Specify the reaction	Stop movement	Send stop signal to controller	Process stop signal, shut off valve	Stop oil flow
Safety (related) function	<b>Prevent unexpected start-up of the telescopic movement</b>	Provide neutral position to controller	Process stop signal	Shut off oil flow

Safety function

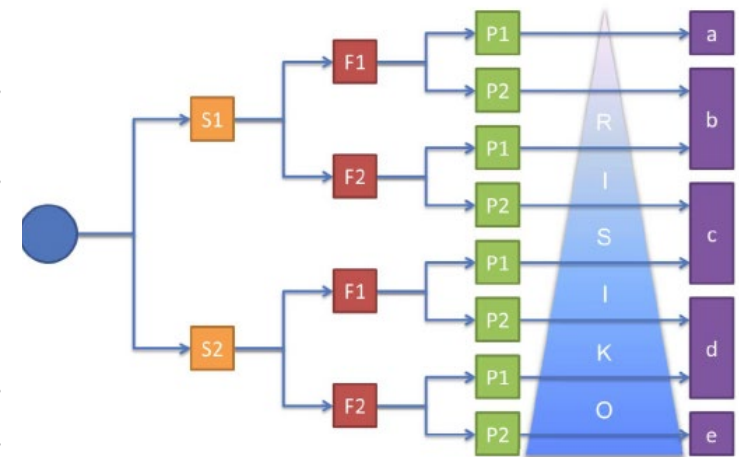
Safety related function

Quelle: Nach [4]

# Bestimmung des Performance Level

Bestimmen des erforderlichen Performance Levels (PL<sub>r</sub>)

<b>S</b>		<b>Schwere der Verletzung</b>	
S1 – leicht (üblicherweise reversible Verletzung)		S2 – ernst (üblicherweise irreversible Verletzungen einschließlich Tod)	
<b>F</b>		<b>Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition</b>	
F1 – selten bis weniger häufig und/oder die Dauer der Gefährdungsexposition ist kurz (nicht häufiger als 2-Mal am Tag und insgesamt nicht länger als 15 min.)		F2 – häufig bis dauernd und/oder die Dauer der Gefährdungsexposition ist lang	
<b>P</b>		<b>Vermeidung der Gefährdung</b>	
P1 – möglich unter bestimmten Bedingungen		P2 – kaum möglich	



# Beispiel

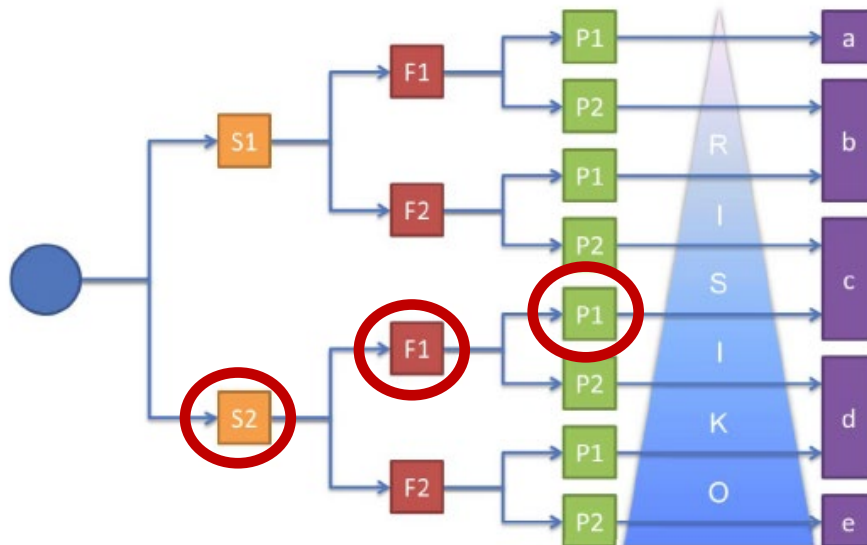


1. Risikobeurteilung und –minderung
2. Identifikation der Sicherheitsfunktionen
3. **Bestimmen des PL<sub>r</sub>**
4. Auswahl der Systemarchitektur
5. Modellieren des Systems als Blockdiagramm
6. Fehler und Diagnose
7. Bestimmen des PL
8. Bewerten der Robustheit der Steuerung - Fehlervermeidung
9. Software-Anforderungen
10. Verifizieren und Validieren

Quelle: Nach [4]

# Beispiel

Prevent unexpected start-up of the telescopic movement



Measure	SIL	PL <sub>r</sub>
e.g. safety function (SF)	3	e
e.g. safety function (SF)	2	d
e.g. safety function (SF)	1	c
Other measure or SF	-	b
Other measure or SF	-	a

Quelle: Nach [4]