



**INTERNATIONAL**



HYDAC INTERNATIONAL

HYDAC Electronic

**Smart Products – Smart Solutions**

## **Funktionale Sicherheit bei mobilen Arbeitsmaschinen**

Relevante Begriffe und  
Überblick über die aktuelle Normenlandschaft

**Dr.-Ing. Uwe Seel**  
**HYDAC ELECTRONIC**

**HYDAC** INTERNATIONAL

HYDAC Electronic

**Funktionale Sicherheit bei mobilen Arbeitsmaschinen**

**TTControl**  
HYDAC INTERNATIONAL

**Funktionale Sicherheit – eine Frage der Risiko-Erkennung &-Minimierung  
→ Typische & häufige Situationen**



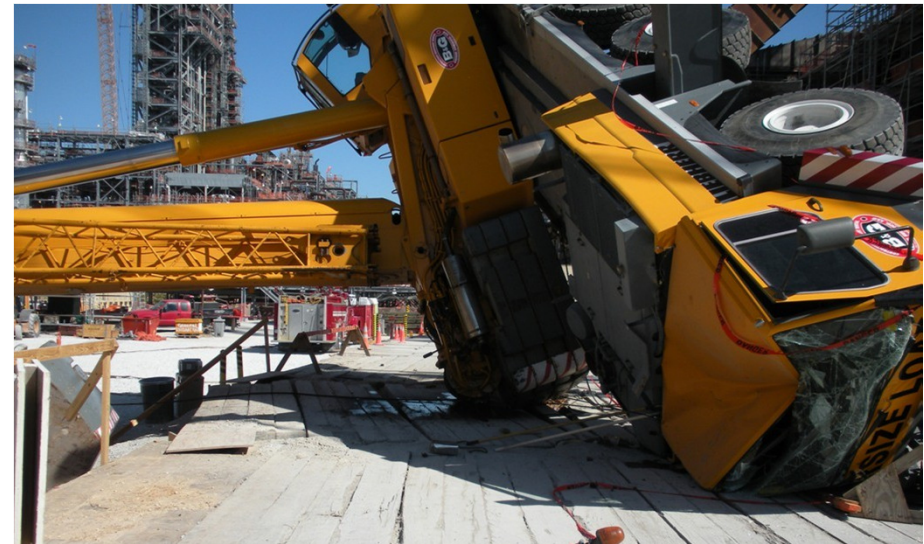
**HYDAC** | **INTERNATIONAL**

HYDAC Electronic

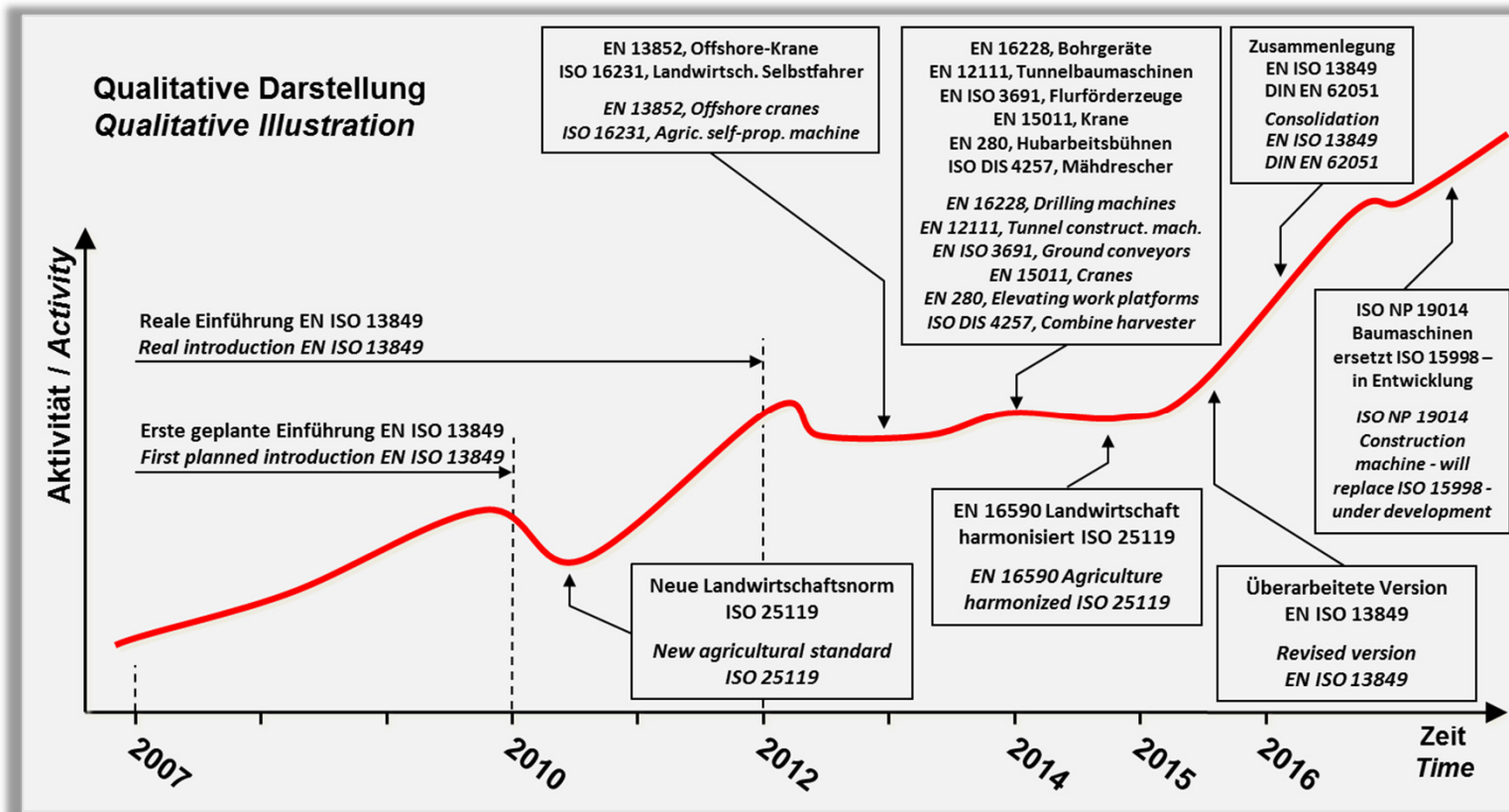
**Funktionale Sicherheit bei mobilen Arbeitsmaschinen**

**TTControl**  
HYDAC INTERNATIONAL

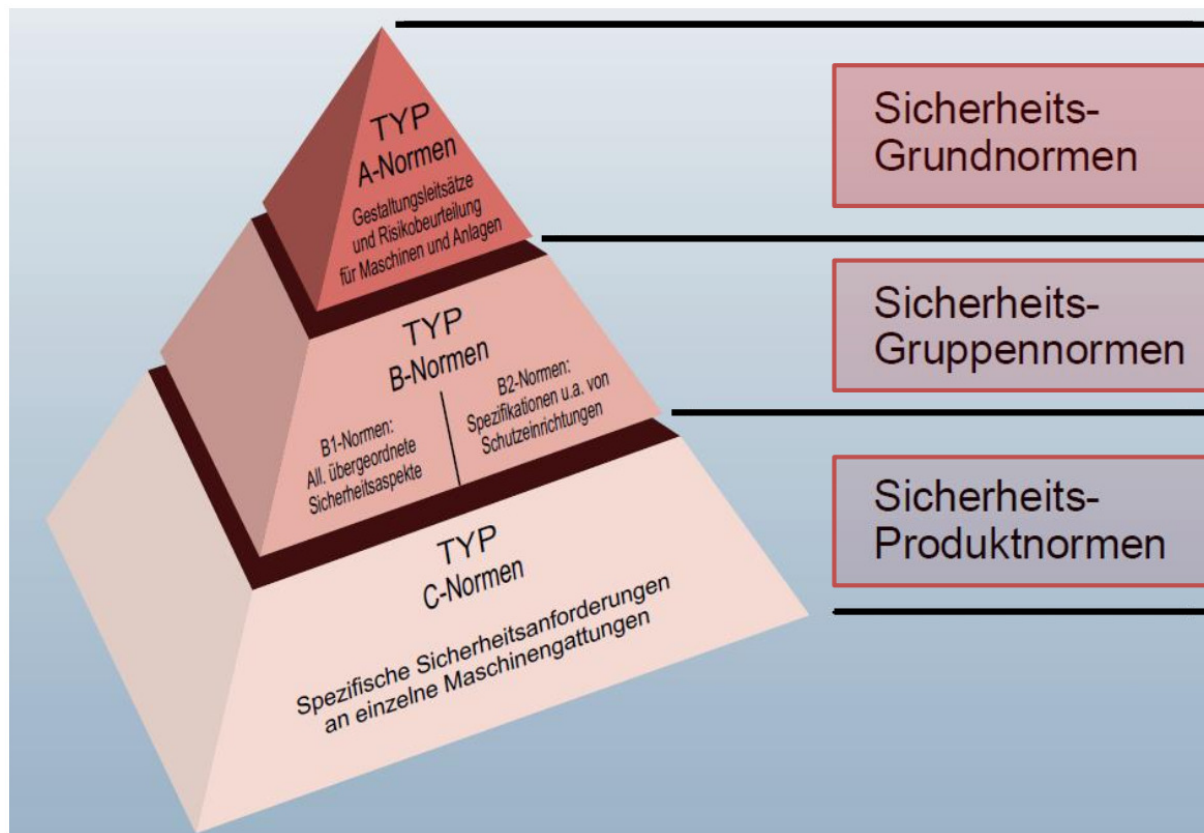
**Funktionale Sicherheit – eine Frage der Risiko-Erkennung &-Minimierung  
→ Typische & häufige Situationen**



**Die aktuelle Normenlandschaft: Historie & aktueller Status**



**Die aktuelle Normenlandschaft: Normenaufbau & Gliederung**



## Funktionale Sicherheit bei mobilen Arbeitsmaschinen

### Die aktuelle Normenlandschaft: Typen & Gliederung

#### Typ A Normen

#### Sicherheitsgrundnormen:

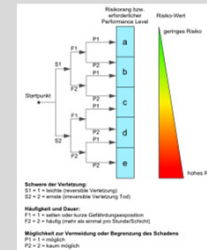
Sie behandeln Grundbegriffe, Gestaltungsleitsätze und allgemeine Aspekte, die auf Maschinen angewandt werden können

IEC 61508



SIL (1 ... 4)

EN ISO 12100



**Schwere der Verletzung:**  
S1 = 1 = tödlich / dauerhafte Verletzung  
S2 = 2 = tödlich / dauerhafte Verletzung  
S3 = 3 = tödlich / dauerhafte Verletzung

**Häufigkeit und Dauer:**  
F1 = 1 = selten über lange Zeiträume  
F2 = 2 = häufig über ein einzelnes Stundenintervall  
F3 = 3 = häufig über ein einzelnes Stundenintervall

**Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens:**  
P1 = 1 = möglich  
P2 = 2 = kaum möglich

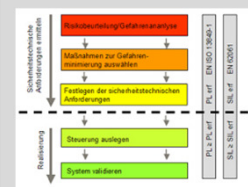
**Funktionale Sicherheit bei mobilen Arbeitsmaschinen**

**Die aktuelle Normenlandschaft: Typen & Gliederung**

**Typ B Normen**

**Sicherheitsgruppennormen, Sicherheitsfachgrundnormen:** Sie behandeln einen Sicherheitsaspekt oder eine Art von Schutzeinrichtungen, die für eine ganze Reihe von Maschinen verwendet werden können, z.B. allg. Maschinenbau (stationär oder mobil) Oder Agrarmaschinen

**EN ISO 13849**



**PL (a ... e)**

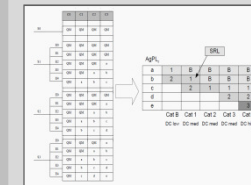
**Maschinensteuerungen Automotive**

**ISO 26262**



**ASIL (A ... D)**

**ISO 25119  
EN 16590**



**AgPL (a ... e)**

**Agrarmaschinen**

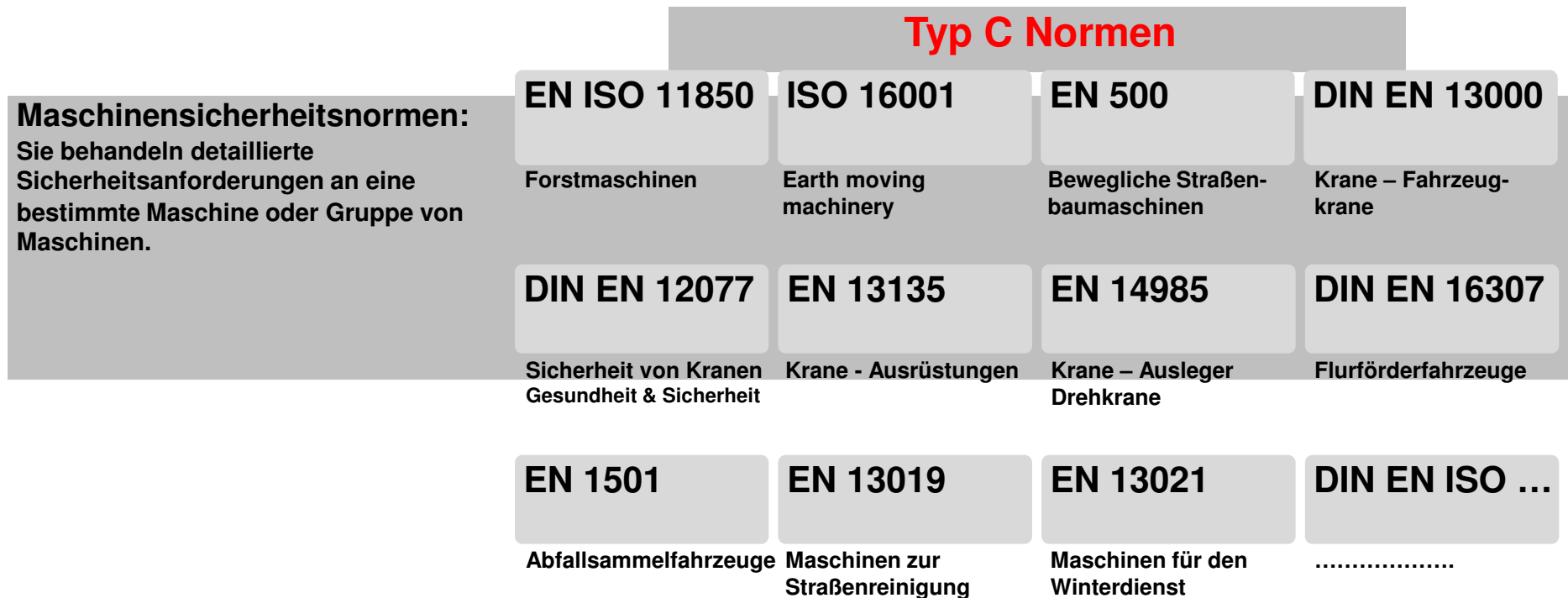
**ISO 19014**

ISO 19014									
PL	MTTF low	MTTF med	MTTF high	MTTF low	MTTF med	MTTF high	DC low	DC med	DC high
a	MTTF med	MTTF med	MTTF high	MTTF low	MTTF med	MTTF high	DC low	DC med	DC high
b	MTTF med	MTTF med	MTTF high	MTTF low	MTTF med	MTTF high	DC low	DC med	DC high
c	MTTF med	MTTF med	MTTF high	MTTF low	MTTF med	MTTF high	DC low	DC med	DC high
d	MTTF med	MTTF med	MTTF high	MTTF low	MTTF med	MTTF high	DC low	DC med	DC high
e	MTTF med	MTTF med	MTTF high	MTTF low	MTTF med	MTTF high	DC low	DC med	DC high

**MPL (a ... e)**

**Erdbaumaschinen**

**Die aktuelle Normenlandschaft: Typen & Gliederung**





**Die aktuelle Normenlandschaft: Typen & Gliederung**






<p><i>Landmaschinen Traktoren Forstmaschinen</i></p>		<p>DIN EN ISO 4254 Landmaschinen, generelle Anforderungen            DIN EN ISO 11850 Forstmaschinen            DIN EN 12525 Landmaschinen - Frontlader            DIN EN 16590-1 Traktoren und Maschinen Land- und Forstwirtschaft</p>	<p>C-Normen Beispiele Mobile Arbeitsmaschinen</p>
<p><i>Baumaschinen</i></p>		<p>DIN EN 472-2 Erdbaumaschinen - Planiermaschinen            DIN EN 474-4 Erdbaumaschinen - Baggerlader            DIN 475-5 Erdbaumaschinen - Hydraulikbagger            DIN EN 19014-1 Erdbaumaschinen - Funktionale Sicherheit</p>	
<p><i>Hebe- Fördertechnik</i></p>		<p>DIN EN 280 Fahrbare Hubarbeitsbühnen            EN 1175-1 Flurförderfahrzeuge, elektrische Anforderungen            DIN EN ISO 3691-1 Sicherheit von Flurförderfahrzeugen - Motorkraft            DIN EN 13000 Krane - Fahrzeugkrane</p>	
<p><i>Kommunal- maschinen</i></p>		<p>DIN EN 1501-1 Abfallsammelfahrzeuge            DIN EN 13019 Maschinen zur Straßenreinigung            DIN EN 15059 Pistenpflegegeräte <i>Spezialmaschinen</i></p>	

**Die aktuelle Normenlandschaft: Typen & Gliederung**

**ACHTUNG!**

Wenn eine Typ-C-Norm von einer oder mehrerer Festlegungen abweicht, die in EN ISO 12100 oder in einer Typ-B-Norm behandelt werden, dann hat die Typ-C-Norm Vorrang.

Dies kann für Ihre Maschine bedeuten: selbst wenn sie der A- oder B-Norm entspricht, sind die Anforderungen der Maschinenrichtlinie ggf. NICHT erfüllt!

<p>Landmaschinen Traktoren Forstmaschinen</p>		<p>DIN EN ISO 4254 Landmaschinen, generelle Anforderungen                  DIN EN ISO 11850 Forstmaschinen                  DIN EN 12525 Landmaschinen - Frontlader                  DIN EN 16590-1 Traktoren und Maschinen Land- und Forstwirtschaft</p>	<p>C-Normen Beispiele Mobile Arbeitsmaschinen</p>
<p>Baummaschinen</p>		<p>DIN EN 12455 Erdbaumaschinen - Planiermaschinen                  DIN EN 474-4 Erdbaumaschinen - Baggerlader                  DIN 475-5 Erdbaumaschinen - Hydraulikbagger                  DIN EN 12000 Erdbaumaschinen - Funktionale Sicherheit</p>	
<p>Fördertechnik</p>		<p>DIN EN 280 Fahrbare Hubarbeitsbühnen                  EN 1175-1 Flurförderfahrzeuge, elektrische Anforderungen                  DIN EN ISO 3691-1 Sicherheit von Flurförderfahrzeugen - Motorkraft                  DIN EN 13000 Krane - Fahrzeugkrane</p>	
<p>Kommunalmaschinen</p>		<p>DIN EN 13019 Flurförderfahrzeuge                  Maschinen zur Straßenreinigung</p>	
<p>Kommunalmaschinen</p>		<p>DIN EN 15059 Pistenpflegegeräte <i>Spezialmaschinen</i></p>	

## Gesetzliche Grundlagen der Produkt- und Produzentenhaftung:

### Organisations- und Sorgfaltspflichten des Herstellers:

Da bei komplexen mechatronischen Systemen Fehler kaum komplett auszuschließen sind, ***muss der Hersteller hier einer besonderen Sorgfaltspflicht bei der Entwicklung und Herstellung nachkommen, damit Fahrlässigkeit nicht unterstellt werden kann.*** Die erforderlichen Maßnahmen sind in Normen festgehalten.

### Beweislastumkehr:

Entgegen der sonst gültigen Beweislastregeln gelten bei der Produkt- und Produzentenhaftung ***für den Geschädigten Beweislaste erleichterungen bis hin zur Beweislastumkehr.*** Es genügt, wenn der Geschädigte einen Sicherheitsmangel objektiv darlegen kann, es reicht hierzu ein ***Indizienbeweis.***

Dann ist der ***Hersteller verpflichtet nachzuweisen,*** dass sein ***Produkt allen geltenden Sicherheitsanforderungen genügt*** unter Berücksichtigung aller Sorgfaltspflichten, auch hinsichtlich Organisation und Dokumentation.

### Stand der Technik:

Bei der Entwicklung und Konstruktion einer Maschine oder einer Steuerungskomponente muss ***der Stand der Technik repräsentiert sein. Dieser Stand wird durch die IEC 61508 und die EN 13849-1 repräsentiert.***

## Funktionale Sicherheit bei mobilen Arbeitsmaschinen

### Gesetzliche & normative Grundlagen:

#### Für freien Verkauf im EU-Binnenmarkt notwendig

Rechtliche Grundlage:

Maschinenrichtlinie 2006/42/EG  
Arbeitsmittel-Benutzungsrichtlinie 89/655/EWG

Notwendig:

Gefahrenanalyse, Risikobewertung  
Normgerechte/-konforme Produktentwicklung  
Technische Dokumentation, Betriebsanleitung

Relevante Normen:

Sicherheitsgrundnormen (Typ-A-Normen):  
IEC 61508 (allgemein, übergeordnet)

Sicherheitsgruppennormen (Typ-B-Normen):  
EN 13849-1 (Sicherheitsanforderungen der Maschinenrichtlinie)

Sicherheitsproduktnormen (Typ-C-Normen):  
z.B. EN 13000, ...

## Funktionale Sicherheit bei mobilen Arbeitsmaschinen

### Gesetzliche & normative Grundlagen:

#### Für freien Verkauf im EU-Binnenmarkt notwendig

Rechtliche Grundlage:            Maschinenrichtlinie 2006/42/EG  
Arbeitsmittel-Benutzungsrichtlinie 89/655/EWG

Notwendig:                        Gefahrenanalyse, Risikobewertung  
Normgerechte/-konforme Produktentwicklung  
Technische Dokumentation, Betriebsanleitung

Relevante Normen:                Sicherheitsgrundnormen (Typ-A-Normen):  
IEC 61508 (allgemein, übergeordnet)

    Sicherheitsgruppennormen (Typ-B-Normen):  
EN 13849-1 (Sicherheitsanforderungen der Maschinenrichtlinie)

    Sicherheitsproduktnormen (Typ-C-Normen):  
z.B. EN 13000, ...

## **Funktionale Sicherheit – Grundlegende Begriffe**

- **Was ist Risiko?**

- Kombination aus der Wahrscheinlichkeit, mit der ein Schaden auftritt und dem Ausmaß dieses Schadens
- Schäden können Personen, Umwelt, Produktionseinrichtungen, Firmenimage, ... betreffen

- **Was ist Sicherheit?**

- Freiheit von unvermeidbaren Risiken

- **Was ist Funktionale Sicherheit?**

- Teil der Gesamtsicherheit, bezogen auf Anlage und Steuerung, der von der korrekten Funktion des sicherheitsbezogenen Systems abhängt.

**Funktionale Sicherheit bei mobilen Arbeitsmaschinen****Funktionale Sicherheit – Grundlegende Begriffe****Der Risikograph: Die Bewertung der Situation****Erforderlicher (zu erfüllender) Performance Level:****Schwere der Verletzung:**

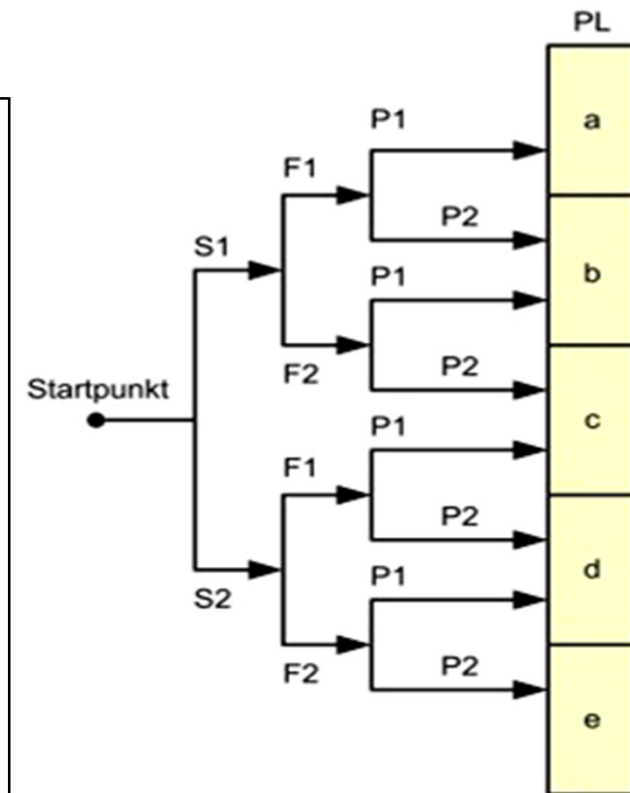
- S1** leichte (üblicherweise reversible Verletzung)
- S2** ernste (üblicherweise irreversible Verletzung einschließlich Tod)

**Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition:**

- F1** selten bis weniger häufig und/oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist kurz
- F2** häufig bis dauernd und/oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist lang

**Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung [P]**

- P1** möglich unter bestimmten Bedingungen
- P2** kaum möglich







**Funktionale Sicherheit – Grundlegende Begriffe & Arbeitstechniken**

Risikoeinschätzung und Risikobewertung:  
Fehler & Risiko-Analyse (Hazard & Risk Analysis H&R Analysis)

b.) Assessment-Matrix:  
Die Bewertung der H&R-Szenarien  
anhand des Risiko-  
graphen

Hazard	at Risk	Applicable environmental conditions for vehicle use situation										S [1..2]	F [1..2]	P [1..2]	PL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0				
H1	RS1											In der Regel kein Todesfall, Verletzungen an Finger oder Hand sind irreversibel, keine Abtrennung, da selbst bei Eingriff das wirksame Drehmoment max. 40 Nm ist. Kleine Öffnung	Selten, da nur im Notbetrieb oder Servicefall oder Reinigung	2	b
H2	RS1											In der Regel kein Todesfall, Verletzungen an Finger oder Hand sind irreversibel, keine Abtrennung	Selten, da nur im Notbetrieb oder Servicefall oder Reinigung	2	b
H3	RS1											In der Regel kein Todesfall, Große Öffnung, rotierende Schneidvorrichtung	Selten, da nur im Notbetrieb oder Servicefall oder Reinigung	2	b

**Funktionale Sicherheit – Grundlegende Begriffe & Arbeitstechniken**

**Risikoeinschätzung und Risikobewertung:  
Fehler & Risiko-Analyse (Hazard & Risk Analysis H&R Analysis)**

**b.) Assessment-Matrix:  
Die Bewertung der H&R-Szenarien  
anhand des Risiko-  
graphen**

Hazard	at Risk	1	2	F [1..2]	P [1..2]	PL
H1	RS1			1 Selten, da nur im Notbetrieb oder Servicefall oder Reinigung	2	b
H2	RS1			1 In der Regel kein Todesfall, Verletzung an Finger oder Hand irreversibel, keine Abtrennung	2	b
H3	RS1			1 In der Regel kein Todesfall, Große Öffnung, rotierende Schneide- vorrichtung	2 Selten, da nur im Notbetrieb oder Servicefall oder Reinigung	b

**Achtung:  
Verantwortlich für dieses Dokument ist  
der Maschinenhersteller!**

**Funktionale Sicherheit – Grundlegende Begriffe & Arbeitstechniken**

**Bestimmung des erforderlichen PL (Performance Level)**








Hazard at Risk	S [1..2]	F [1..2]	P [1..2]	PL	Sicherer Zustand	Fehlerreaktionszeit	Kommentar
<b>Hazards Arbeitsfkt.</b>							
HA1 RS1	1 In der Regel kein Todesfall, Verletzungen an Finger oder Hand sind reversibel, keine Abtrennung, da selbst bei Eingriff das wirksame Drehmoment max. 32 Nm ist. Kleine Öffnung	1 Selten, da nur im Notbetrieb oder Servicefall oder Reinigung	2	<b>B</b>	Abschalten OSG	500 ms	- auftretende Kraft 160N bei 32Nm Anlaufmoment - nach 500ms ist eine Drehzahl von 400rpm erreicht - bei 400 rpm ist eine Bremskraft von 100N erforderlich, damit ist Voraussetzungen für eine verminderte Schwere der Verletzung gegeben
HA5 RS1	2	1 Im Reparatur- oder Servicefall notwendig. Beseitigung von Störungen in der Ernte.	2	<b>D</b>	Abschalten FB	500ms	gefährlich ist es nur, wenn man vor der Umlenkrolle in das Band fasst
<b>Hazards Fahrfunktion</b>							
HF1 RS1	2	1 Es ist sehr unwahrscheinlich das sich ein Körperteil im Aufstandsbereich der Steillagensicherung befindet.	1 Bis zum Einklemmpunkt beträgt die Ausfahrzeit eine Sek. Im eingefahrenen Zustand beträgt der Abstand 14 cm bis zum Boden.	<b>C</b>	Abschalten Steillagensicherung Ausfahren	500ms	
HF6 RS5	1 Die Kabine ist ROPS ausgeführt. Beim Umkippen der Maschine entsteht keine irreversible Verletzung für den Fahrer.	1 Vorderachsverriegelung ist eine Sicherheitsfunktion, die nur dann einen Vorteil für die Standfestigkeit bietet, wenn die Maschine weit außerhalb des normalen Betriebsbereiches betrieben wird. Im Straßenverkehr komme ich bei normalem Betrieb der Maschine nie in eine kritische Situation.	1 Zündung AUS oder NOT STOP Schalter	<b>A</b>	Sicherer Zustand Ventil abschalten	300ms	

## HYDAC Electronic

### Produkte mit Sicherheitszertifikat








#### Der produktbezogene Ansatz: Sicherheitszertifizierte Produkte

#### I. Sensoren

	HDA 4700 	HDA 8700 	HLS 100 	HLS 200 	HLT 1000 	HAT 1000 	HIT 1000 
Messgröße	Druck	Druck	Position	Position	Position / Weg	Winkel	Neigung
Genauigkeit (max. Fehler)	0,5	0,5			0,5	0,2	0,2
Messprinzip	Dünnschicht DMS	Dünnschicht DMS	Hall- Sensoren	IR-Licht- schranke	Magneto- striktion	Magnetisch	Multisensor Beschleuni- gungs- kompensiert
Anzahl der Ausgänge	2	1	1	2	1	1	1
Ausgang	Analog	Analog	PWM	P-Schalt- ausgänge	Analog	Analog	
CANopen	✓				✓	✓	✓
Erhältlich in Einzelstückzahl	✓				✓	✓	
OEM-Produkt für Großserien		✓	✓	✓			✓
PL d	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kategorie	3	2	2	2	2	2	2 oder 3
SIL 2		✓	✓		✓	✓	✓
Diagnose fähig		✓	✓	✓	✓		

**Functional Safety**  
PL d, Cat 2  
SIL 2

Der produktbezogene Ansatz: Sicherheitszertifizierte Produkte  
II. Steuergeräte & IO-Module

						
16-bit Steuergeräte						
HY-TTC 30-H	Functional Safety PL c	HY-TTC 30S-H	Functional Safety PL c	HY-TTC 32	HY-TTC 32S	Functional Safety PL d
32-bit $\mu$ -Controller Plattform						
HY-TTC 510	Functional Safety PL d SIL 2	HY-TTC 540	Functional Safety PL d SIL 2	HY-TTC 580	Functional Safety PL d SIL 2	

	
Functional Safety PL c	Functional Safety PL d
HY TTC 30XS-H	HY-TTC 48XS

**HYDAC** INTERNATIONAL

HYDAC Electronic

Zertifizierte Entwicklungsumgebung

**TIControl**  
HYDAC INTERNATIONAL

Der umfassende Ansatz: Die integrierte & zertifizierte Entwicklungsumgebung  
MATCH - Machine Application Tool Chain



**M**achine **A**pplication **T**ool **C**hain




**HYDAC** INTERNATIONAL

**TIControl**  
HYDAC INTERNATIONAL

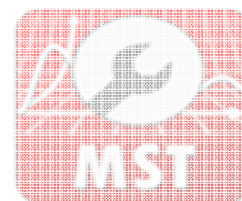
HYDAC Electronic

Zertifizierte Entwicklungsumgebung

Der umfassende Ansatz: Die integrierte & zertifizierte Entwicklungsumgebung  
MATCH - Machine Application Tool Chain

 MATCH

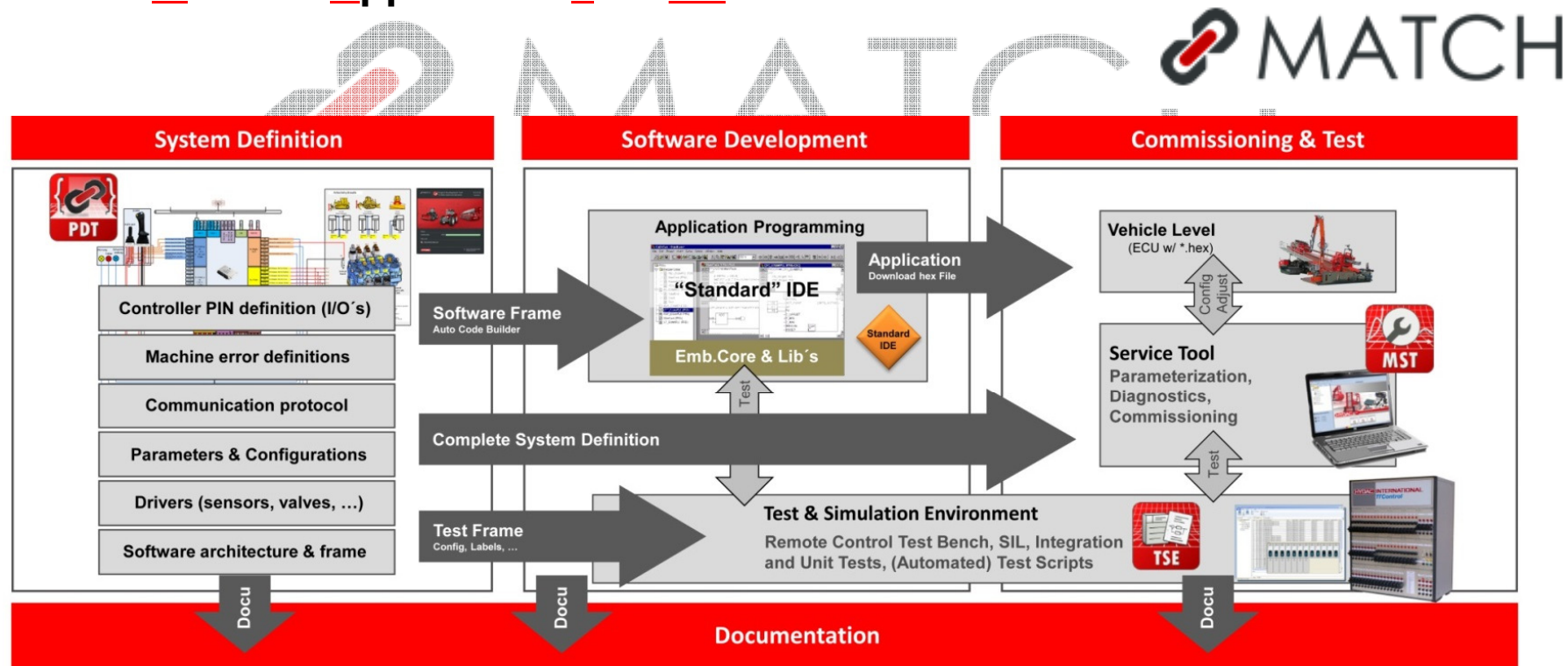
Machine Application Tool CHain



HYDAC Electronic

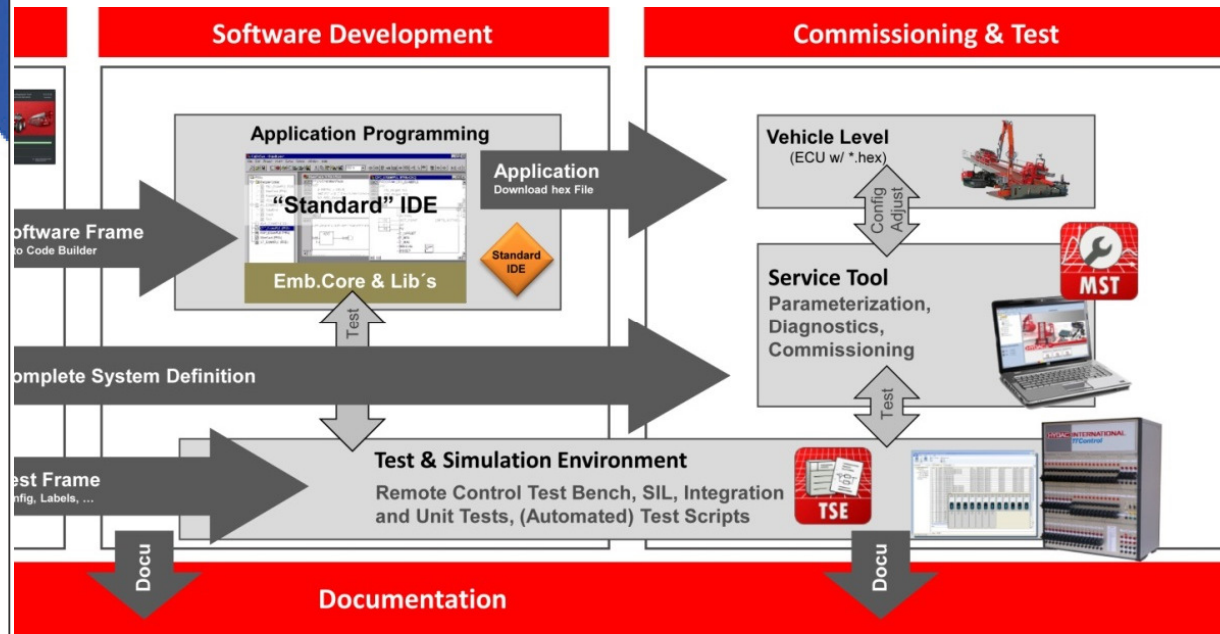
Zertifizierte Entwicklungsumgebung

Der umfassende Ansatz: Die integrierte & zertifizierte Entwicklungsumgebung  
MATCH - Machine Application Tool Chain





Der umfassende Ansatz: Die integrierte & zertifizierte Entwicklungsumgebung  
MATCH - Machine Application Tool Chain



**HYDAC**

**INTERNATIONAL**

**TTControl**  
HYDAC INTERNATIONAL

HYDAC Electronic

**Smart Products – Smart Solutions**

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**