

IL *DEFEATING* DI UN DISPOSITIVO DI INTERBLOCCO ASSOCIATO AI RIPARI

INAIL

Norma EN ISO 14119:2013. Caso studio

2016

2016

INAIL

Die Norm EN ISO 14119:2013. Fallstudie

DAS DEFEATING EINER
VERRIEGELUNGSEINRICHTUNG IN
VERBINDUNG MIT SCHUTZVORRICHTUNGEN



IL *DEFEATING* DI UN DISPOSITIVO DI INTERBLOCCO ASSOCIATO AI RIPARI

INAIL

Norma EN ISO 14119:2013. Caso studio

2016

Pubblicazione realizzata da

Inail

Dipartimento innovazioni tecnologiche
e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici

Autori

Luciano Di Donato¹, Laura Tomassini¹, Alessandra Ferraro¹, Giuseppe Piegari²,
Paolo Capelli³, Stefano Lugli³, Bruno Maiocchi⁴, Nicola Delussu⁵, Tiziano Ficcadenti⁵,
Massimo Rizzati⁵, Alessandro Muni⁶

Collaborazioni

Alessio Di Filippo¹

- ¹ Inail, Dipartimento innovazione tecnologica e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici
- ² Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali
- ³ UCIMA (Unione Costruttori Italiani Macchine Automatiche per il Confezionamento e l'Imballaggio)
- ⁴ FEDERMACCHINE
- ⁵ Gruppo Interregionale Macchine e Impianti
- ⁶ Schmersal Italia

Traduzione a cura di

Schmersal Italia

Coordinatore gruppo di lavoro

Luciano Di Donato¹

per informazioni

Inail - Dipartimento innovazioni tecnologiche
e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici
via Roberto Ferruzzi, 38/40 - 00143 Roma
dit@inail.it

www.inail.it

© 2016 Inail
isbn 978-88-7484-519-4

Gli autori hanno la piena responsabilità delle opinioni espresse nelle pubblicazioni, che non vanno intese come posizioni ufficiali dell'Inail.

Distribuita gratuitamente. Vietata la vendita e la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

La riproduzione di parti delle UNI EN 14119:2013 e UNI EN ISO 13849-1:2016 è stata autorizzata da UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione

Indice

Introduzione	5
Definizioni	8
Il campo di applicazione	8
La struttura della EN 14119	9
Il nuovo principio di classificazione dei dispositivi di interblocco	10
Interblocchi con livelli di codifica: basso - medio - alto	14
Principi di un riparo interbloccato con funzioni di bloccaggio	15
Requisiti di un sistema di bloccaggio di sicurezza	16
Holding force (forza di tenuta) dei dispositivi di bloccaggio	17
<i>Defeating</i> mediante azioni ragionevolmente prevedibili	20
<i>Defeating</i> - misure aggiuntive	22
I fattori ambientali nella scelta di un interblocco	23
Ulteriori caratteristiche dei dispositivi di interblocco	24
L'interblocco magnetico	24
Valutazione dei guasti	26
Prevenzione dei guasti in modo comune	28
Il mascheramento	29

Caso studio	30
Bibliografia	34
Appendice 1 - La tecnologia RFID (Radio - Frequency IDentification)	35
Appendice 2 - L'immissione sul mercato e la messa in servizio di un dispositivo di interblocco	38

Introduzione

Il documento è nato da una collaborazione tra Inail (Laboratorio macchine ed attrezzature di lavoro del Dit, Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici), Ministero del Lavoro, Gruppo Interregionale macchine e impianti, Federmacchine, UNI, UCIMA, Schmersal Italia S.p.A., con l'intento di approfondire un argomento di grande rilevanza sociale e prevenzionale quale il *defeating* ovvero la neutralizzazione di un dispositivo con funzioni di sicurezza per macchine ed attrezzature di lavoro. La norma EN ISO 14119:2013 "Sicurezza del macchinario. Dispositivi di interblocco associati ai ripari. Principi di progettazione e scelta" fornisce delle indicazioni per la minimizzazione della possibilità di neutralizzazione in modo ragionevolmente prevedibile di detti dispositivi e definisce la neutralizzazione come l'azione che rende non funzionante o bypassa il dispositivo di interblocco, facendo sì che una macchina sia utilizzata in modo non previsto dal fabbricante o senza le necessarie misure di sicurezza.

La neutralizzazione può configurarsi come un uso scorretto ragionevolmente prevedibile se riconducibile ad una non puntuale applicazione del principio di integrazione della sicurezza prescritto dalla direttiva macchine 2006/42/CE. I confini tra i comportamenti che si configurano come uso scorretto piuttosto che come uso scorretto ragionevolmente prevedibile sono largamente dibattuti.

La norma EN ISO 12100:2010 "Sicurezza del macchinario - Principi generali di progettazione - Valutazione del rischio e riduzione del rischio", fornisce alcune tipologie esemplificative di uso scorretto o di comportamento umano facilmente prevedibile da prendere in considerazione nella valutazione dei rischi, tra cui la scelta del comportamento derivante dall'adozione della "*linea di minor resistenza*" nell'esecuzione di un compito e il comportamento risultante da pressioni per tenere la macchina in esercizio in tutte le circostanze.

Si ricorda che la sospensione della funzione di sicurezza di un dispositivo non è in assoluto vietata purché prevista e in tali casi si parla di condizioni di utilizzo a **sicurezza sospesa ma con situazione di controllo del comando migliorato** (ad esempio dispositivi di comando ad azione mantenuta, per spostamenti limitati, ...). Si ricorre a dette condizioni di utilizzo laddove si ha l'esigenza di eseguire alcune azioni di regolazione e di manutenzione con parti della macchina alimentate e/o in moto.

La neutralizzazione dei dispositivi di sicurezza quali i dispositivi di interblocco associati ai ripari derivante da un uso scorretto o da un uso scorretto ragionevolmente prevedibile, riveste una vera piaga sociale che si traduce in infortuni gravi e mortali che coinvolgono direttamente i lavoratori, gli installatori e i manutentori che operano sulle macchine. I datori di lavoro risultano anch'essi fortemente coinvolti in quanto soggetti incaricati a prendere le misure necessarie affinché i rischi connessi all'uso delle attrezzature di lavoro siano ridotti al minimo e a impedire che le stesse attrezzature possano essere utilizzate per operazioni e secondo condizioni per le quali non sono adatte. Questa attività in carico al datore di lavoro¹, si espleta sin dalle fasi di scelta del prodotto macchina/attrezzatura di lavoro che deve essere idonea ai fini della salute e sicurezza ed adeguata al lavoro da svolgere o adatta a tali scopi. Inoltre il datore di lavoro deve mettere a disposizione dei lavoratori macchine/attrezzature di lavoro conformi alle specifiche disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto oppure conformi ai requisiti generali di sicurezza di cui all'allegato V del d.lgs. 81/08. In quest'ultimo caso, ovvero macchine non marcate CE, diventa essenziale, tenendo conto della vetustà del prodotto, una adeguata valutazione ed analisi del rischio della macchina con l'obiettivo di stabilire se i dispositivi di sicurezza (quali anche gli interblocchi), sono ancora efficienti. Ancora il datore di lavoro ha l'obbligo, in caso di riparazione, di trasformazione o di manutenzione di incaricare lavoratori qualificati a svolgere in maniera specifica tali compiti². Detti obblighi devono tenere conto dell'evoluzione dello stato dell'arte.

La neutralizzazione può avvenire mediante una manomissione o mediante una manipolazione o mediante un'elusione (vedere le definizioni nell'apposita sezione del presente documento), azioni che comportano un bypass completo dei dispositivi di sicurezza ma che talvolta implicano conseguenze diverse, in funzione delle scelte progettuali operate, sia sulla severità degli eventi incidentali sia sulla responsabilità dei soggetti coinvolti.

L'uso scorretto ragionevolmente prevedibile deve essere tenuto in considerazione dal fabbricante in sede di progettazione e di costruzione della macchina, nonché all'atto della redazione delle istruzioni come richiesto dal punto 1.1.2c dell'allegato I del d.lgs. 17/10. Tale mancata rispondenza al requisito della direttiva macchine sopra citato investe direttamente le responsabilità del fabbricante della stessa in quanto, attraverso le scelte operate, può incentivare ad utilizzare la macchina in modo difforme da quanto previsto dallo stesso fabbricante nelle istruzioni d'uso. Il documento proposto affronta le criticità sopra evidenziate con riferimento ai dispositivi di interblocco associati ai ripari con o senza bloccaggio del riparo.

Il documento nei suoi contenuti rappresenta una guida alla lettura dei principali cambiamenti che la norma EN ISO 14119:2013 "Sicurezza del macchinario.

1 Comma 1 e 2 art 71 del d.lgs. 81/08 e s.m.i.

2 Lettere f, g, art. 20 e art. 24 del d.lgs. 81/08 e s.m.i.

Dispositivi di interblocco associati ai ripari. Principi di progettazione e scelta”, ha introdotto rispetto alla previgente EN 1088:2007 che è rimasta in vigore fino al 30 aprile 2015.

La nuova stesura della norma mette in evidenza la necessità che il normatore ha recepito di rendere sempre più difficili, mediante la scelta e la progettazione dei dispositivi in oggetto, la rimozione o la modifica senza autorizzazione dei dispositivi di sicurezza³ fornendo ai fabbricanti le indicazioni necessarie in linea con lo stato dell’arte.

I principali cambiamenti introdotti, su cui ci soffermeremo nel presente documento, sono:

- la nuova classificazione e relativa definizione di quattro differenti tipi di interblocco;
- la nuova scomposizione in elementi dei dispositivi di interblocco e valutazione delle problematiche connesse al singolo elemento;
- la minimizzazione delle possibilità di “neutralizzazione in un modo ragionevolmente prevedibile” in fase di progettazione e le misure per minimizzarne la possibilità di accadimento;
- le considerazioni sulle condizioni ambientali per la scelta del dispositivo di interblocco;
- il dimensionamento ed il posizionamento dei dispositivi di interblocco con funzione di blocco in base alla forza di tenuta;
- le funzioni supplementari di sbloccaggio.

³ Lettera f art. 20 del d.lgs. 81/08 e s.m.i.

Definizioni

La pubblicazione intende dunque valorizzare gli strumenti forniti dalla norma EN ISO 14119:2013 per la minimizzazione della possibilità di *defeating* ragionevolmente prevedibile del dispositivo di sicurezza, sia esso derivante da una manomissione che da una manipolazione o ancora da un'elusione.

La norma EN ISO 14119:2013 definisce il *defeating* ovvero la neutralizzazione quell'azione che porta al non funzionamento o al bypass del dispositivo di interblocco, facendo sì che una macchina è utilizzata in modo non previsto dal fabbricante o senza le necessarie misure di sicurezza.

Comunemente dette azioni sono qualificate come manomissioni, manipolazioni, elusioni che possono configurarsi come usi scorretti o usi scorretti ragionevolmente prevedibili. Di seguito si riportano delle definizioni, valide esclusivamente ai fini del presente documento:

Manomissione: un'azione operata all'interno del dispositivo per modificarne il comportamento funzionale (es. modifica del software di funzionamento);

Manipolazione: un'azione operata prevalentemente sul dispositivo di sicurezza facilmente rilevabile ad es. mediante una verifica dell'attrezzatura (es. nastro adesivo su interblocco);

Elusione: un'azione che rende inefficaci i dispositivi di sicurezza senza operare sugli stessi (es. operatore che riesce a raggiungere la zona di pericolo senza aprire il riparo interbloccato).

Il campo di applicazione

Prima di entrare nel dettaglio delle novità introdotte con la nuova stesura della norma, è importante sottolineare che lo scopo e il campo di applicazione, pur aggiornando i riferimenti normativi, risultano sostanzialmente invariati: la norma EN ISO 14119:2013 (che ha sostituito la norma EN 1088:1997+A1:2007) specifica i principi per la progettazione e la scelta dei dispositivi di interblocco associati ai ripari, indipendentemente dalla natura della fonte di energia e copre le parti dei ripari che azionano i dispositivi di interblocco. I requisiti per i ripari che proteggono le persone dai pericoli di natura meccanica sono trattati dalla ISO 14120:2015⁴ mentre l'elaborazione del segnale dal dispositivo di interblocco per l'arresto e l'immobilizzazione della macchina è trattato dalla ISO 13849 -1 o IEC 62061.

La UNI EN 1088:1997+A1:2007 forniva anche i requisiti riferiti in modo specifico ai dispositivi di interblocco elettrici, mentre la EN 14119:2013 tratta le diverse tipologie di interblocco ad oggi esistenti⁵.

4 La norma EN ISO 14120:2014 "Sicurezza del macchinario - Ripari - Requisiti generali per la progettazione e la costruzione di ripari fissi e mobili" che ha sostituito la norma EN 953:2009.

5 La norma tratta anche parte dei requisiti dei sistemi a chiave intrappolate *trappedkeysystems*.

La struttura della EN 14119

La norma è strutturata in modo da fornire inizialmente una classificazione dei dispositivi di interblocco associati ai ripari descrivendone i principi operativi e le forme tipiche.

Successivamente vengono specificati i requisiti per la progettazione e l'installazione dei dispositivi di interblocco con o senza bloccaggio del riparo, trattando nello specifico:

- il montaggio e fissaggio degli interruttori di posizione (facendo attenzione tra l'altro a prevedere i necessari mezzi di accesso per la manutenzione per evitare pericolose neutralizzazioni ragionevolmente prevedibili),
- il montaggio e fissaggio degli attuatori,
- la modalità di attuazione dei dispositivi di interblocco,
- l'interfaccia ai sistemi di comando,
- l'eventuale funzione di stop meccanico che l'interblocco può avere.

Vengono inoltre forniti i requisiti aggiuntivi dei dispositivi di bloccaggio dei ripari (meccanico e elettromagnetico) e il monitoraggio del bloccaggio, introducendo i **nuovi** punti, che vedremo nello specifico più avanti, sulla definizione della *holding force* (forza di tenuta) dei dispositivi di bloccaggio e sull'introduzione di eventuali funzioni di rilascio del bloccaggio del riparo che possono essere previste dal fabbricante.

Si ricorda che alla luce della nuova direttiva macchine 2006/42/CE, la scelta di associare ad un riparo un dispositivo di interblocco che abbia o meno le caratteristiche di bloccaggio del riparo, dipende esclusivamente dal risultato della valutazione del rischio, e non dal fatto che gli interblocchi siano associati a ripari destinati a proteggere da elementi mobili di trasmissione piuttosto che da elementi che partecipano alla lavorazione.

La norma guida inoltre alla scelta dei dispositivi di interblocco che deve tenere in considerazione anche:

- la probabilità di *failure* (fallimento: guasto, non intervento, altro) del dispositivo stesso;
- il rapporto tra il tempo di arresto del sistema e il tempo di accesso (calcolabile attraverso le indicazioni fornite dalla EN 13855:2010) - se questo rapporto è minore di uno, la norma richiede di inserire un bloccaggio del riparo;

- i requisiti PL (*Performance Level*) o SIL (*Safety Integrity Level*) per le funzioni di sicurezza⁶,
- considerazioni sulle condizioni ambientali.

Sono quindi fornite delle indicazioni per minimizzare le possibilità di neutralizzazione ovvero *defeating* dei dispositivi in oggetto e di cui saranno messi in luce gli aspetti e gli impatti del cambiamento.

Infine, sono affrontati i requisiti dei dispositivi di controllo. Questo punto è stato inserito ex -novo e tiene conto delle novità introdotte dalla norma ISO 13849 -1 nonché della IEC 62061.

Il nuovo principio di classificazione dei dispositivi di interblocco

Il dispositivo di interblocco è un dispositivo che ha peculiarmente la funzione di monitoraggio della posizione del riparo, ma può anche essere utilizzato nel controllo di altre funzioni (ad es. controllo dell'arresto dei movimenti pericolosi della macchina) e ne esistono in commercio molte tipologie sia dal punto di vista della tecnologia utilizzata sia dal punto di vista del principio di funzionamento. La norma tratta i requisiti delle varie tipologie di interblocco proponendone una nuova classificazione, in particolare adottando una schematizzazione a tre "elementi" ovvero:

- attuatore,
- sistema di azionamento,
- sistema di uscita.

⁶ Vedasi l'approfondimento dell'appendice 2.

Esempi di principi di azionamento		Esempi di attuatori		Tipo	Esempi: vedere Allegato ^a	
Meccanico	Contatto fisico/ forza	Non codificato	Camma	Tipo 1	A.1	
			Camma lineare		A.2, A.4	
			Cerniera		A.3	
		Codificato	Chiave (attuatore separato)	Tipo 2	B.1	
			Chiave intrappolata		B.2	
Senza contatto	Induttivo	Non codificato	Adeguate materiale ferroso	Tipo 3	C	
			Magnetico			Magnete, solenoide
			Capacitivo			Qualsiasi oggetto adeguato
			Ultrasuoni			Qualsiasi oggetto adeguato
			Ottico			Qualsiasi oggetto adeguato
	Magnetico	Codificato	Magnete codificato	Tipo 4	D.1	
			RFID		Tag RFID codificato	D.2
			Ottico		Tag ottico codificato	-

^a L'allegato E fornisce esempi di altri dispositivi di interblocco.

Figura 1: Tabella 1 della EN 14119:2013 – Panoramica dei dispositivi di interblocco⁷

Ogni elemento ha diverse problematiche da considerare e vanno valutate singolarmente in base alle problematiche e ai criteri dettati dalla EN -ISO 13849 -1 o dal IEC 62061:2005.

A seconda del principio di azionamento (meccanico o senza contatto) e della tipologia di attuatore (con codifica o senza) sono stati definiti i quattro tipi di dispositivo di interblocco e questa classificazione sarà di riferimento per le indicazioni e i requisiti dettagliati nella norma.

Tipo 1: dispositivo di interblocco con un interruttore di posizione attuato meccanicamente con un attuatore non codificato

Tipo 2: dispositivo di interblocco con un interruttore di posizione attuato meccanicamente con un attuatore codificato

⁷ Libera traduzione a cura dell'autore.

Tipo 3: dispositivo di interblocco con un interruttore di posizione attuato senza contatto con un attuatore non codificato

Tipo 4: dispositivo di interblocco con un interruttore di posizione attuato senza contatto con un attuatore codificato

Occorre ribadire che la numerazione non esprime un livello di sicurezza dell'interblocco.

Di seguito si propone una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche dei diversi tipi di interblocco riportando affianco la schematizzazione proposta dalla norma e delle immagini degli stessi.

Figura 2: La nuova classificazione degli interblocchi

<p>TIPO 1</p> <p>Interblocco elettromeccanico senza codifica.</p> <p>Nota: requisito fondamentale apertura obbligata dei contatti ed azionamento positivo</p>	<p>Caratteristiche interblocco elettromeccanico</p> <p>attuatore: usura spostamento/allentamento urti vibrazioni</p> <p>sistema di azionamento usura spostamento/allentamento urti vibrazioni ambiente (polvere, acqua, ecc.)</p>	<p>Tipo 1 interblocco con azionamento a camma (riparo aperto)</p>	
<p>TIPO 2</p> <p>Interblocco elettromeccanico codificato e azionato tramite attuatore specifico.</p>	<p>sistema di uscita sovracorrenti cortocircuito ambiente configurazione</p>	<p>Tipo 2 interblocco con azionamento a chiave (riparo aperto)</p>	
<p>TIPO 3</p> <p>Interblocco con sensore magnetico, capacitivo, ottico non codificato.</p> <p>Nota: il sensore magnetico deve essere conforme alla norma IEC 60947-5-3 se utilizzato singolarmente</p>	<p>Caratteristiche interblocco elettronico e magnetico</p> <p>attuatore nessun problema meccanico</p> <p>sistema di azionamento nessun problema meccanico</p> <p>sistema di uscita sovracorrenti/cortocircuito (magnetici) compatibilità elettromagnetica (emc) configurazione conformità (PDF⁸)</p>	<p>Tipo 3 o 4 interblocco con azionamento senza contatto codificato o non codificato (riparo chiuso)</p>	
<p>TIPO 4</p> <p>Interblocco con sensore magnetico o elettronico codificato.</p> <p>Nota: i sensori magnetici devono essere opportunamente collegati ad idoneo e conforme sistema di uscita</p>			

Legenda della schematizzazione del dispositivo di interblocco

1 riparo mobile

2 sistema di interblocco

3 attuatore: parte del dispositivo di interblocco che trasmette lo stato del riparo (APERTO/CHIUSO) al sistema di azionamento (a camma; b chiave; c RFID, riflettore o superficie disponibile; d direzione di avvicinamento)

4 interruttore di posizione

5 sistema di azionamento: parte del dispositivo di interblocco che trasmette la posizione dell'attuatore e cambia lo stato del sistema di uscita

6 sistema di uscita: parte del dispositivo di interblocco che indica lo stato del riparo al sistema di comando

8 Vedasi quanto dettagliato nel paragrafo "L'interblocco magnetico".

Interblocchi con livelli di codifica: basso - medio - alto

Un attuatore con codifica è un attuatore che è specificamente progettato (es. mediante forma) per attuare un interruttore di posizione. I livelli di codifica, basso - medio -alto, sono definiti a seconda delle possibili combinazioni degli attuatori e sono stati divisi in tre categorie:



Figura 3: I livelli di codifica

Livelli di codifica:

Basso: possibilità di varianti in codice: 1 ... 9

Medio: possibilità di varianti in codice: 10 ... 1.000

Alto: possibilità di varianti in codice: > 1.000

I dispositivi di interblocco magnetici con codifica non raggiungono livelli di codifica medi o alti per limiti tecnologici, questi livelli sono invece raggiungibili mediante dispositivi di interblocco con attuatore RFID (*Radio Frequency Identification*)⁹.

È evidente che l'utilizzo di interblocchi con codifica elevata o individuale, rappresenta una delle possibili strade per rispondere ai requisiti della EN14119:2013 ma è bene precisare che la norma offre la possibilità di adottare altri sistemi alternativi che, anche se più articolati e quindi meno semplici da realizzare, risultano comunque efficaci richiedendo l'adozione di varie procedure di controllo. Si mette in evidenza che, a valle della valutazione dei rischi, si può ritenere opportuna l'adozione di misure aggiuntive per raggiungere un livello di sicurezza soddisfacente anche per interblocchi con livello di codifica elevato.



Figura 4: Kit⁹ di azionatori frequentemente utilizzato per manomettere gli interblocchi di sicurezza dotati di basso livello di codifica

⁹ Vedasi l'approfondimento dell'Appendice 1 sui TAG RFID.

Principi di un riparo interbloccato con funzioni di bloccaggio

Per riparo interbloccato con funzioni di bloccaggio si intende un riparo associato ad un dispositivo di interblocco e un dispositivo di blocco in modo da realizzare, congiuntamente al sistema di comando della macchina, le seguenti funzioni:

- le funzioni pericolose "coperte" dal riparo non possono attivarsi fino a quando il riparo non sia chiuso e bloccato e il riparo deve rimanere chiuso e bloccato finché la funzione pericolosa non sia scomparsa;
- quando il riparo è chiuso e bloccato le funzioni pericolose della macchina coperte dal riparo possono operare ma la chiusura e il bloccaggio del riparo non deve di per se stesso avviare le funzioni pericolose della macchina (ad esempio un pulsante di ripristino e riavvio deve essere previsto).

Il dispositivo di blocco può essere realizzato mediante un dispositivo funzionante meccanicamente (con o senza intervento manuale) ma anche elettromeccanicamente utilizzando il principio *power to lock* (bloccaggio con azionamento positivo) oppure il principio *power to unlock* (sbloccaggio con azionamento positivo).

Nei blocchi elettromagnetici funzionanti esclusivamente con il principio di *power to lock*, qualora vi sia una mancanza di energia elettrica che "aggancia" il riparo con una forza generata da un campo magnetico prodotto da un solenoide (dispositivo di blocco), viene indotta l'immediata caduta della tenuta del riparo e quindi l'accessibilità immediata alla zona di pericolo. Se si utilizza un blocco con azionamento positivo (c.d. a corrente di lavoro), la mancanza di energia fermerebbe drasticamente le funzionalità della macchina a meno che sia previsto il mantenimento dell'alimentazione tramite gruppi di continuità o accumulatori pneumatici/idraulici.

Il principio di *power to unlock* altresì è impiegato più frequentemente qualora vi sia la necessità di proteggere le persone dai rischi derivanti dalle inerzie del movimento pericoloso.

L'impiego della funzione di blocco di un riparo è sempre più utilizzata.

Le applicazioni, che precedentemente erano destinate quasi esclusivamente alla protezione uomo ovvero consenso all'apertura del riparo dopo l'esaurimento delle situazioni pericolose all'interno della macchina/impianto, funzionavano con il principio *power to lock*. Ora, in numerose applicazioni, deve essere considerata, nella scelta del dispositivo e del relativo principio di funzionamento, anche la salvaguardia della macchina e quindi della produzione.

Talvolta si utilizzano applicazioni in cui è adottato un sistema di bloccaggio tale per cui è richiesto all'operatore di azionare un comando di richiesta di fermata che

andrà ad arrestare il ciclo produttivo secondo tempi e modalità atte a evitare/limitare danni alla macchina o alla produzione.

La norma indica due possibilità di progettazione di un riparo con funzione di blocco. La prima è quella in cui all'operatore è consentito di comandare lo sblocco in qualsiasi momento anche detto **sblocco incondizionato**. Al comando di sblocco, il dispositivo di blocco genera un comando di arresto. Questa tipologia è applicabile laddove il tempo di sblocco del riparo sia superiore al tempo di esaurimento delle funzioni pericolose della macchina.

La seconda è quella in cui lo sblocco del riparo è possibile solo quando le funzioni pericolose della macchina sono esaurite. Questo è chiamato **sblocco condizionato**. Si ricorda inoltre che il blocco deve resistere a tutte le sollecitazioni previste nell'utilizzo della macchina come urti, trazioni, torsioni, disallineamenti, vibrazioni, temperature, umidità, polvere e possibili forze dinamiche che si possono generare a causa di rimbalzo del riparo sul dispositivo di bloccaggio in quanto uno degli elementi menzionati potrebbe provocare la rottura del dispositivo, introducendo la possibilità di perdere anche la funzionalità dell'interblocco. Infatti, il dispositivo di bloccaggio è generalmente accoppiato al controllo presenza dello stesso ed è evidente quindi la pesante interazione fra le due funzioni che spesso sono affidate ad un singolo attuatore. La norma specifica che *se la funzione di bloccaggio del riparo e la funzione di interblocco fanno parte dello stesso dispositivo, il livello di sicurezza della funzione di interblocco non deve essere influenzato negativamente dalla funzione di bloccaggio a protezione del processo*.

Requisiti di un sistema di bloccaggio di sicurezza

A differenza della norma EN 1088:2007, molto spazio viene dedicato a questa problematica aggiornata allo stato dell'arte riportando anche i requisiti dei recenti blocchi elettromagnetici. Il dispositivo di blocco deve avere il monitoraggio della forza di tenuta F e abilitare le uscite di sicurezza solamente quando questa rientra nei parametri dichiarati dal costruttore del dispositivo **Fzh**:

- *la forza di tenuta deve essere monitorata per determinare se la specifica forza di bloccaggio è stata raggiunta e mantenuta.*
- *le funzioni pericolose della macchina devono essere possibili solo se il monitoraggio rileva la posizione di riparo chiuso ed il raggiungimento della specificata forza di bloccaggio.*

I blocchi elettromagnetici possono essere facilmente forzati senza provocare danni allo stesso e per questo motivo, se il blocco presenta funzionalità di sicurezza deve, oltre che arrestare immediatamente i movimenti o le situazioni pericolose, dare la possibilità di riavviare le funzioni pericolose dopo un ritardo generato variabile (suggerito da 1 a 10 minuti - simulazione del tempo per la sostituzione del dispositivo forzato), in modo da scoraggiare tale operazione.

La norma prevede delle modalità di rilascio supplementari del dispositivo di blocco, tra cui un rilascio di fuga e sblocco di emergenza.

Laddove sia previsto un accesso dell'operatore nell'area pericolosa col rischio di intrappolamento di quest'ultimo mentre il movimento pericoloso è riavviato dalla chiusura del riparo, è possibile ridurre il suddetto rischio intervenendo con adeguate procedure ma anche dando la possibilità all'operatore di poter uscire dall'area pericolosa, tramite le modalità di sblocco sopra dette.

La funzione di sblocco di fuga, se prevista, dovrà avere la priorità assoluta ed in qualsiasi situazione, provocando l'arresto tempestivo dei movimenti pericolosi della macchina.

Holding force (forza di tenuta) dei dispositivi di bloccaggio

La forza di tenuta F è la forza che un dispositivo di blocco del riparo può sostenere senza essere danneggiato, in modo che non ne sia compromesso un suo ulteriore utilizzo e il riparo non lasci la sua posizione chiusa.

Il fabbricante di un dispositivo di blocco deve assicurare che nella posizione bloccata, il dispositivo resista almeno alla forza di tenuta specificata F che sia minore o uguale alla **Fzh**.

Per ricavare la **Fzh** il fabbricante deve eseguire una prova.

La norma dettaglia le modalità di esecuzione della suddetta prova ed in particolare specifica che il dispositivo di blocco del riparo deve essere fissato su una base come previsto dal fabbricante. La massima forza misurata con questo test sarà la $F1max$ da cui si desumerà la **Fzh** tenendo conto del coefficiente di sicurezza $S = 1,3$.

$$Fzh = F1max / S$$

Quindi la forza **Fzh** è la massima forza sostenibile dal dispositivo di blocco a meno del coefficiente di sicurezza e dovrà essere indicata nelle istruzioni per l'uso.

Ogni riparo ha una sua struttura meccanica, peso e forze da considerare ed inoltre vanno tenute in considerazione anche le situazioni ambientali come polvere, umidità, vibrazioni, urti ecc. Il sistema di bloccaggio deve essere idoneo a sopportare tutti questi elementi sia per quanto riguarda la sua struttura meccanica intrinseca, sia per il relativo posizionamento sul riparo.

Nell'allegato I della norma è presente una tabella (1.1) dove vengono riportate le forze massime statiche sviluppate da un operatore nelle varie situazioni di intervento (e quindi in funzione della direzione della forza, della postura dell'operatore e della modalità di applicazione della forza) per l'apertura di un riparo. Tali valori costituiscono un riferimento, ma ad essi devono essere aggiunte le eventuali forze generate nella specifica applicazione quali ad esempio le caratteristiche di elasticità del riparo, le sollecitazioni dinamiche (urti e vibrazioni), nonché le forze derivanti dalla torsione del riparo dovuta al posizionamento del blocco fuori asse rispetto alla maniglia di apertura (vedere figura 5).

L'installatore del dispositivo di blocco deve opportunamente valutare che la forza a cui questo è soggetto non superi la forza di tenuta **Fzh** indicata dal costruttore.

Il costruttore del dispositivo di bloccaggio deve indicare, tra le caratteristiche tecniche, la forza di tenuta Fzh che deve essere calcolata in base a un test distruttivo a carico del costruttore stesso.

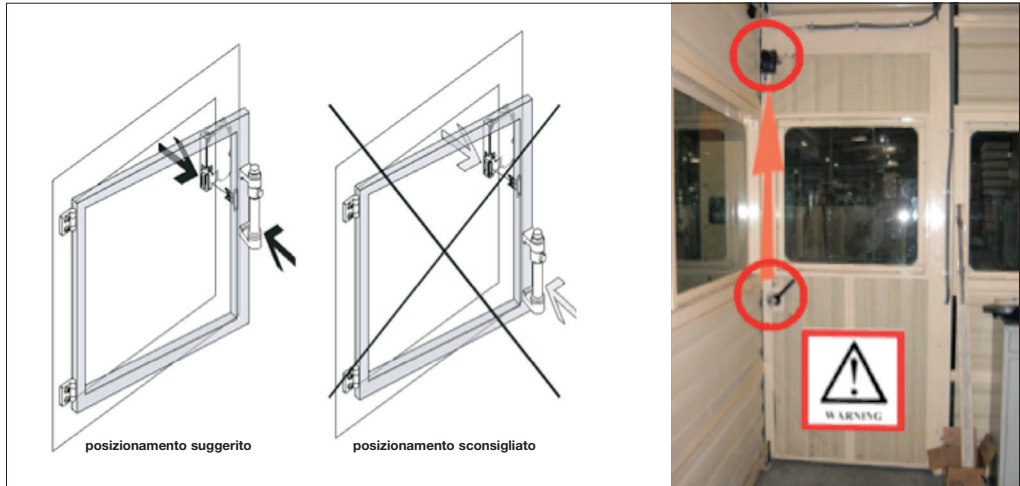

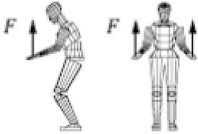
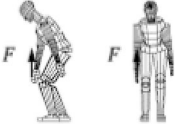
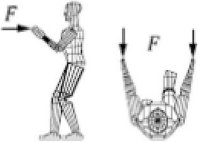
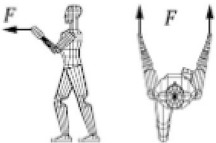
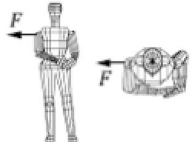
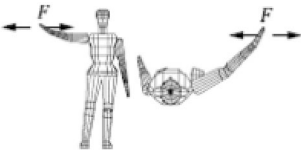


Figura 5: Esempi di installazione del dispositivo di interblocco con blocco non in asse alla maniglia di apertura del riparo

Tabella 1 - Tabella I.1 della norma EN ISO 14119:2013 Esempi delle massime forze statiche¹⁰

Direzione della forza	Postura	Applicazione della forza	Valore della forza N	
	Trascinamento orizzontale (tiro)	Seduto	A una sola mano	600
	Sollevamento verticale	In piedi, torso e gambe piegati, piedi paralleli	Impugnature bi-manuali, orizzontali	1400
	Sollevamento verticale	In piedi, libero	Impugnature a una sola mano, orizzontali	1200
	Orizzontale, parallelo al piano di simmetria del corpo in avanti Tiro	Dritto in piedi, piedi paralleli, o in postura di camminata	Impugnature bi-manuali, verticali	1100
	Orizzontale, parallelo al piano di simmetria del corpo in avanti Spinta	In piedi, piedi paralleli, o in postura di camminata	Impugnature bi-manuali, verticali	1300
	Orizzontale, normale al piano di simmetria del corpo verso l'esterno del corpo	In piedi, torso laterale piegato	La spalla preme su un lato su una piastra metallica	1300
	Orizzontale, normale al piano di simmetria del corpo	In piedi, piedi paralleli	Impugnatura a una sola mano, verticale	700

¹⁰ Libera traduzione a cura dell'autore.

Defeating mediante azioni ragionevolmente prevedibili

La più evidente novità introdotta dalla EN ISO 14119:2013 in merito alla minimizzazione della possibilità di *defeating* in modo ragionevolmente prevedibile, consiste nell'indicazione preliminare che viene data ovvero quella di ridurre al minimo l'**interferenza** tra il dispositivo di interblocco e l'operatività della macchina e le altre fasi della vita della stessa, in modo da minimizzare qualsiasi **incentivo** al *defeating* ovvero ad operare qualsiasi azione che lo renda non funzionante o lo bypassi. Il dispositivo di interblocco deve infatti facilitare l'operatività della macchina in particolare durante la manutenzione (ndr fase spesso coinvolta in dinamiche incidentali) e le operazioni di servizio e l'operatività della macchina senza guasti di funzionalità (es. arresto dell'operatività).

La EN ISO 14119:2013 specifica poi i diversi step, sinteticamente rappresentati nel *flowchart* che si riporta in fig. 6, per la minimizzazione delle possibilità di neutralizzazione ragionevolmente prevedibile. Il primo punto è quello che rimanda all'implementazione delle misure di base che fanno riferimento alle indicazioni fornite dalla norma stessa in merito all'installazione e al fissaggio degli interruttori di posizione e degli attuatori, ai modi di attuazione dei dispositivi di interblocco, alle misure di base per evitare la neutralizzazione degli interblocchi elettromagnetici, ai requisiti specifici per la scelta degli interblocchi. La norma evidenzia inoltre che i dispositivi di tipo 3 (dispositivo di interblocco con un interruttore di posizione attuato senza contatto con un attuatore non codificato) non sono adottabili laddove non sia dimostrato dalla valutazione del rischio che non possano essere neutralizzati in modo ragionevolmente prevedibile.

Successivamente la norma richiede di accertarsi se esiste la motivazione alla neutralizzazione in modo ragionevolmente prevedibile, indicando laddove esiste, le misure aggiuntive da implementare. Nell'allegato H la norma fornisce anche una guida alla suddetta valutazione.

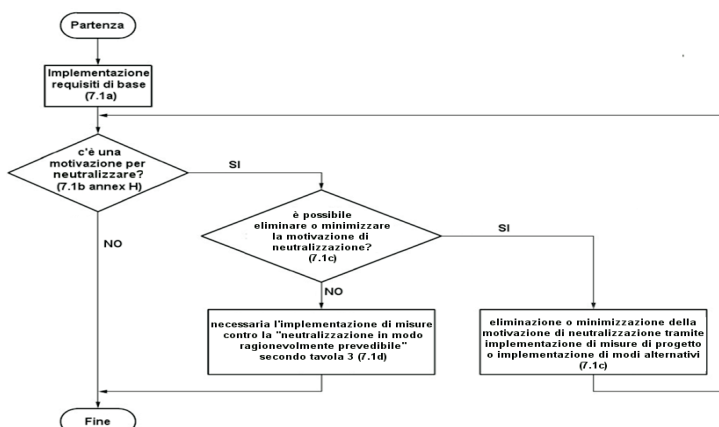


Figura 6: Esempi di installazione del dispositivo di interblocco con blocco non in asse alla maniglia di apertura del riparo¹¹

¹¹ Libera traduzione a cura dell'autore.

In particolare l'Allegato H "Motivi di neutralizzazione di un dispositivo di interblocco" fornisce anche una tabella di esempio per la valutazione di questi motivi delle macchine automatiche (*example for automatic machine tool*). Per essere utilizzato per altre tipologie di macchine deve essere adattato alle caratteristiche della macchina e della produzione in oggetto. Questo metodo di valutazione parte dai seguenti presupposti:

- considerare tutti i modi di funzionamento possibili, le attività e tutti i dispositivi di protezione;
- ogni dispositivo di protezione individuale è preso in considerazione separatamente e, per ogni attività principale, **la persona** che la esegue abitualmente deve rispondere alla seguente domanda: "quali sarebbero i **benefici** provenienti dalla neutralizzazione del dispositivo di protezione per lavorare sulla macchina?"

L'adozione di modi di funzionamento con campo di operatività ristretta (es. a velocità ridotta, comando ad azione mantenuta insieme a un dispositivo di consenso) ha la duplice funzione di riduzione del rischio e di riduzione della motivazione all'utilizzo di modi di funzionamento automatici.

Defeating - misure aggiuntive

La EN ISO 14119:2013 propone la tabella 3, riportata di seguito, in cui sono indicate le misure aggiuntive sopra già menzionate associate alle tipologie di dispositivi a cui risultano applicabili (R=*recommended measure*) o da applicare (M=*mandatory measure*). Si ribadisce che la norma fornisce delle indicazioni che sono di riferimento dello stato dell'arte e fornisce la presunzione di conformità laddove la stessa sia adottata dal fabbricante, ma comunque la sua adozione è a carattere volontario.

Tabella 2 - Tabella 3 della EN ISO 14119:2013 - Misure aggiuntive contro la neutralizzazione degli interblocchi in funzione della tipologia¹²

Principi e misure	Interblocchi di Tipo 1, esclusi gli interblocchi con sistema a cerniera e di Tipo 3	Interblocchi di Tipo 1, solo con sistema a cerniera	Interblocchi di Tipo 2 e 4 con bassa o media codifica con o senza blocco elettromagnetico	Interblocchi di Tipo 2 e 4 con alta codifica con o senza blocco elettromagnetico	Sistema a chiave bloccata, medio o alto livello di codifica
Montaggio non raggiungibile, vedi 7.2 a) 1)	X		X		
Ostruzione fisica/schermatura, vedi 7.2 a) 2)					
Montaggio in posizione nascosta, vedi 7.2 a) 3)					
Monitoraggio di stato o test ciclico, vedi 7.2 d) 1) i) e ii)					
Fissaggio invariabile dell'interruttore di posizione e dell'attuatore, vedi 7.2 c)					
Fissaggio invariabile dell'interruttore di posizione, vedi 7.2 c)		M			M
Fissaggio invariabile dell'attuatore, vedi 7.2 c)		M	M	M	M
Interblocco aggiuntivo e test di plausibilità, vedi 7.2 d) 2)	R		R		
X obbligatorio applicare almeno una di queste misure M misura obbligatoria R misure aggiuntive raccomandate (...)					

Per i dispositivi di interblocco con codifica alta sono individuate come misure aggiuntive il fissaggio invariabile dell'interruttore e/o dell'azionatore. Talvolta un facile accesso al connettore di un interblocco potrebbe configurarsi come un incentivo alla manomissione e la sua probabilità di accadimento difficilmente può essere messa in relazione al livello di codifica dello stesso.

In particolare le misure applicabili raccomandate per prevenire il *defeating* consistono nel:

- monitoraggio dello stato (test di plausibilità) per individuare, durante un ciclo

¹² Libera traduzione a cura dell'autore.

- macchina, un'insolita successione di stati derivanti da una neutralizzazione, ovvero
- inserimento di un test ciclico: richiesta da parte della logica di azionamento di ogni singolo interblocco o comando di stop per verificarne l'efficienza prima dell'avvio della macchina (avvio condizionato dal buon esito del test). Con questo test può essere rilevata dall'operatore la presenza di attuatori inseriti da manutentori e dimenticati negli interblocchi ovvero interblocchi collassati a causa di danneggiamento accidentale, ovvero
 - installazione di un dispositivo di interblocco aggiuntivo (con controllo di coerenza fra i due interblocchi da parte della logica della macchina) la cui neutralizzazione è possibile sono mediante un'azione aggiuntiva (es. montaggio e cablaggio separati, utilizzo di diversi principi di funzionamento).

I fattori ambientali nella scelta di un interblocco

La norma mette in luce come la scelta della tecnologia e della tipologia di dispositivo di interblocco deve tener conto delle condizioni di utilizzo e della destinazione d'uso della macchina. In questa nuova stesura la norma è stata integrata con alcune considerazioni derivanti dalla raccolta di esperienze nell'uso.

Devono essere prese in considerazione le caratteristiche di temperatura, presenza di polveri, vibrazioni e urti, igiene, influenze elettromagnetiche. In figura 7 si osserva un interblocco a chiavetta esposto a severe condizioni ambientali che ne possono compromettere l'operatività.

In particolare la norma si sofferma sull'influenza che la polvere ha sui dispositivi di Tipo 2 in cui l'attuatore è inserito nell'interruttore di posizione che quindi ha un'apertura che consente l'ingresso della polvere. Si ricorda inoltre che il grado di protezione IPXX in accordo alla IEC 60529:2013 riguarda esclusivamente la custodia dell'interblocco. L'inquinamento delle parti meccaniche può causare la degradazione del meccanismo e un guasto pericoloso del dispositivo di blocco.



Figura 7: Interblocco esposto a condizioni ambientali severe

Ulteriori caratteristiche dei dispositivi di interblocco

L'interblocco magnetico

Già la norma EN 1088 puntualizzava che i sensori magnetici, non avendo apertura obbligata dei contatti, risultassero molto vulnerabili a sovratensioni ed extracorrenti. Per questo motivo tali sensori devono essere accoppiati ad una unità di sorveglianza automatica che limiti la corrente sui contatti e controlli la coerenza fra la commutazione del contatto NO rispetto all' NC (diversità nella configurazione necessaria per migliorare la possibilità di rilevamento del singolo guasto in caso di extracorrenti).

La norma EN ISO 14119:2013, con la nuova classificazione che considera la sorveglianza automatica parte integrante dell'interblocco in quanto facente parte del sistema di uscita dello stesso, fornisce i requisiti dell'insieme interblocco - sistema di uscita.

Il medesimo principio di integrazione della sorveglianza automatica nell'interblocco deve essere applicato a tutti i sensori e gli interblocchi di tipo 3 e di tipo 4, fatta esclusione per sensori RFID o altri tipi di sensori che hanno il sistema di uscita nel medesimo involucro del sistema di azionamento ed hanno le uscite di sicurezza diagnosticate in modo da consentire il collegamento in serie senza il declassamento della copertura diagnostica.

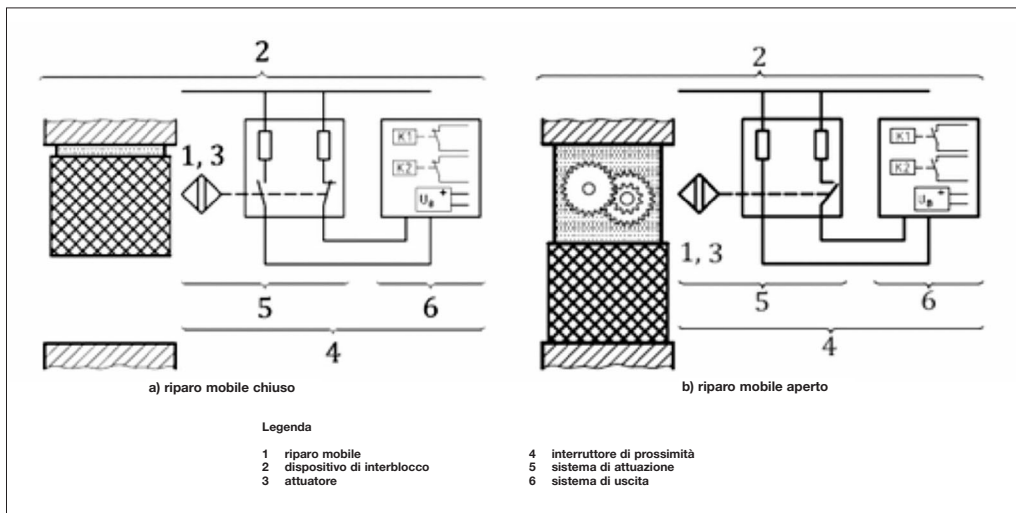
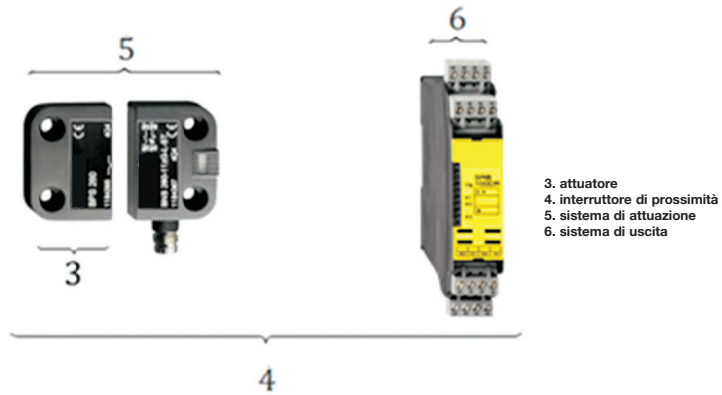


Figura 8: fig. C.1 della norma EN ISO 14119:2013 Dispositivo di interblocco di tipo 3 con interruttore di prossimità attuato mediante attuatore non codificato¹³

¹³ Libera traduzione a cura dell'autore.

Esempio di sensore magnetico tipo 4 a codifica bassa



OPPURE

Esempio di sensore RFID tipo 4 a codifica alta

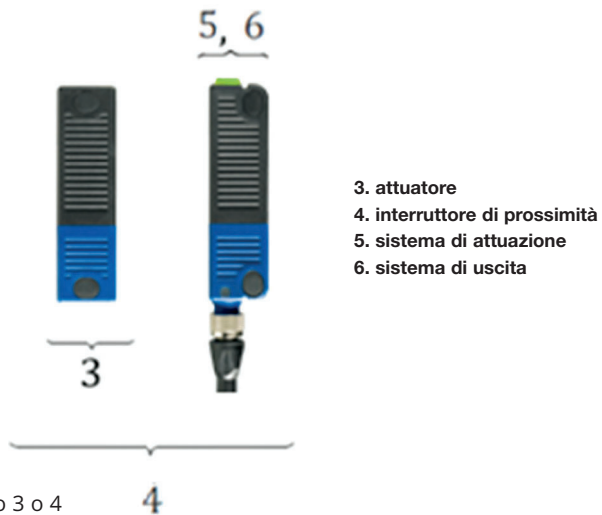


Figura 9: Esempi del sensore di tipo 3 o 4

I dispositivi di interblocco di tipo 3 o 4 comunque, per poter essere utilizzati come singolo interblocco su un riparo, devono, oltre ad ottemperare essi ai requisiti previsti dalla EN ISO 14119:2013, montare dei sensori che rispondano ai requisiti previsti dalla norma IEC 60947 -5 -3¹⁴.

Questo standard IEC infatti prevede una classificazione dei sensori che indica quali devono essere le caratteristiche del sensore di tipo 3 e 4 e in particolare individua i comportamenti sicuri in caso di guasto. Solo se il sensore è conforme alla IEC 60947 -5 -3, l'interblocco può essere impiegato come unico interblocco sul riparo.

14 IEC 60947-5-3 Apparecchiature a bassa tensione Parte 5-3: Dispositivi per circuiti di comando ed elementi di manovra - Prescrizioni per dispositivi di prossimità con comportamento definito in condizioni di guasto (PDDB)".

Nel caso in cui il fabbricante del sensore abbia scelto di non adottare la norma IEC 60947 -5 -3 e nel caso in cui non esista, per lo stato dell'arte, un dispositivo idoneo all'applicazione particolare, è consentito l'utilizzo di questo sensore come interblocco di sicurezza ma andrà ridonato con altro dispositivo uguale o di tecnologia diversa ed entrambi collegati ad una unità di valorizzazione che effettuerà il controllo di coerenza fra i due sensori e provvederà anche a proteggere i sensori da extracorrenti e cortocircuiti o sovraccarichi. Il tutto dovrà essere dichiarato conforme da chi realizza questa configurazione.

Valutazione dei guasti

La norma fornisce chiare indicazioni in merito all'affidabilità dei sistemi di interblocco e la loro applicabilità in base al livello di prestazione da raggiungere e parte dal seguente presupposto che si configura come stato dell'arte. Se elettricamente può essere escluso un guasto dovuto a cortocircuito nelle canaline o nel quadro di comando e se questo si verifica, facilmente viene riconosciuto in quanto, allo stato dell'arte attuale, la maggior parte delle configurazioni prevedono circuiti ridondanti, viceversa meccanicamente, se viene utilizzato un singolo dispositivo con azionamento meccanico, può verificarsi che il singolo guasto o la somma dei guasti potrebbe portare ad una situazione pericolosa.

Questa possibilità non è tollerata in sistemi di sicurezza che devono raggiungere un livello di prestazione elevato come PL "d" o "e".

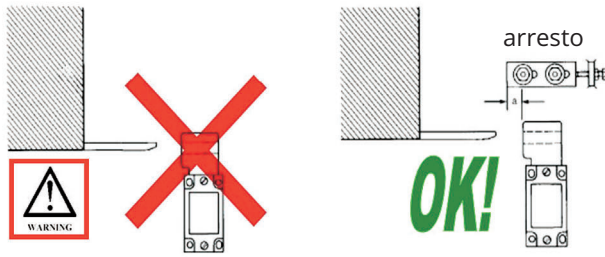
Questa problematica è presente in tutti gli interblocchi che hanno un azionamento meccanico come dispositivi con attuatore a leva, a rotella o a chiave. La norma EN ISO 13849 -1 richiede, per questi dispositivi, livelli di prestazione tali per cui siano attuate le esclusioni degli errori (*fault exclusion* - FE) tramite effettivi e frequenti controlli periodici o tramite sorveglianza automatica e che il punteggio raggiunto nella valutazione del guasto in modo comune (CCF¹⁵, *common cause failure*) raggiunga almeno un totale di 60 punti. Se tali parametri non vengono soddisfatti, è necessario l'impiego di dispositivi senza coinvolgimenti meccanici oppure è necessario applicare un secondo interblocco per ogni riparo in modo da realizzare una ridondanza meccanica controllata in coerenza da parte della logica di comando.

Cause tipiche di guasto di interruttori di posizione sono:

- a) Eccessiva usura del sistema di azionamento (es. pistone o rotella) azionato dal riparo
- b) Disallineamento fra attuatore e interruttore di posizione
- c) Inceppamento del sistema di azionamento (stantuffo) rendendo vana la funzione della molla
- d) Urti

15 Punto 3.1.6 della norma EN ISO 13849-1 "CCF: guasti di differenti elementi, risultanti da un singolo evento, quando questi guasti non sono conseguenti l'uno dell'altro. [IEC 60050-191-am1:1999, 04-23]

NOTA: i guasti di causa comune non devono essere confuse con i guasti di modo comune (vedere ISO 12100-1:2003, 3.34)."



Prevedere un fermo meccanico che eviti che il riparo possa urtare violentemente sull' interblocco causando potenziali guasti o rotture pericolose



Figura 10: rottura accidentale: interblocco a chiave danneggiato a causa di ripetuti urti per disallineamento dell'attuatore con il sistema di azionamento

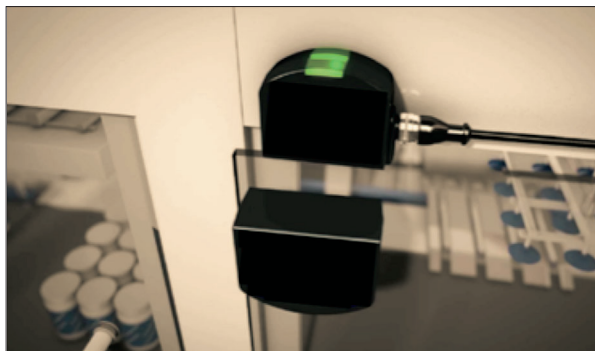


Figura 11: Interblocco RFID tipo 4 a codifica alta

Prevenzione dei guasti in modo comune

La norma fornisce delle indicazioni per la prevenzione dei guasti in modo comune CCF, indicando in linea generale di differenziare la tipologia di interblocchi¹⁶ impiegati piuttosto che la ridondanza degli stessi.

Se sono impiegati due interruttori di posizione ad azionamento meccanico in configurazione opposta (azionamento meccanico diretto ovvero positivo e non diretto ovvero non -positivo) o uno ad azione meccanica diretta ed il secondo non azionato meccanicamente, può essere raggiunto un punteggio pari a 20 per la quantificazione del CCF, secondo la norma EN ISO 13849 -1, usando le misure descritte.

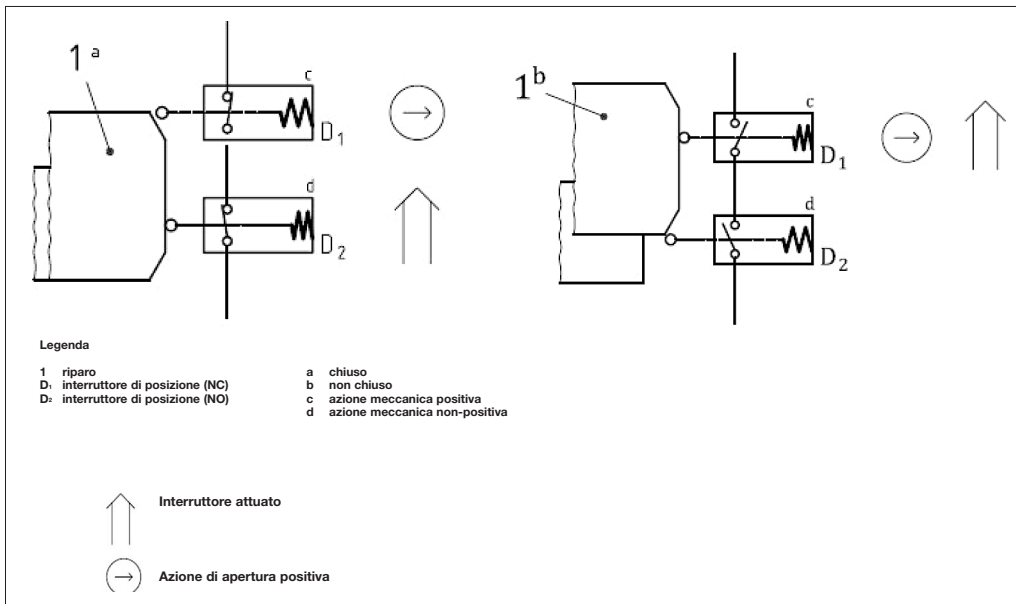


Figura 12: fig.12 della norma 14119:2013 Combinazione di interruttori di tipo 1 ad azione meccanica diretta e non diretta per evitare CCF¹⁷

Sempre un punteggio pari a 20 per il CCF può essere raggiunto da una configurazione con due interblocchi indipendenti, ciascuno dei quali interrompe una fonte di energia differente.

16 Negli allegati della norma EN ISO 14119:2013 sono trattate le singole tipologie di interblocco, approfondendone le caratteristiche e i limiti nel loro impiego.

17 Libera traduzione a cura dell'autore.

Esempio: una macchina utilizza componenti idraulici per applicare le necessarie forze per eseguire il processo di produzione, mentre il controllo della macchina è gestito elettricamente/elettronicamente. L'apertura di un riparo mobile interbloccato aziona due interruttori di posizione indipendenti. Il primo interruttore interagisce direttamente con una valvola idraulica che interrompe la pressione; il secondo interruttore interrompe la tensione di controllo che pilota un'altra valvola. In entrambi i casi le valvole interromperanno il movimento pericoloso. Grazie alle differenti tecnologie utilizzate, non si potrà verificare nessun guasto in modo comune che potrebbe accadere in ognuno dei due sistemi.

Le possibili esclusioni degli errori devono essere esaminate separatamente per la meccanica e l'elettronica prendendo in considerazione le condizioni dell'ambiente e le influenze esterne previste.

Inoltre è richiesto che si faccia una corretta selezione sul dispositivo che assicuri che la forza di tenuta dell'eventuale dispositivo di blocco del riparo sia sufficiente a resistere alle forze statiche applicate all'elemento di blocco (perno) e che le forze di taglio sull'elemento di blocco causate dal rimbalzo del riparo, siano impediti. In questo caso l'applicazione dell'esclusione dei guasti per la rottura degli elementi di blocco non necessariamente limitano il PL o SIL per la funzione di blocco del riparo.

Il mascheramento

Un approccio diffuso nella progettazione dei circuiti di sicurezza è il collegamento in serie di dispositivi con contatti a potenziale libero ad esempio più dispositivi di interblocco connessi ad una singola logica di sicurezza che realizza la diagnostica per l'intera funzione di sicurezza.



Sebbene in queste applicazioni nella maggior parte dei casi un singolo guasto non porti alla perdita della funzione di sicurezza e sarà rilevato dalla logica, in pratica si possono riscontrare alcuni problemi: quando i dispositivi di interblocco con contatti ridondanti sono collegati in serie, il rilevamento del singolo guasto di un interblocco può essere mascherato dall'azionamento di qualsiasi altro interblocco non guasto (attraverso la relativa apertura/chiusura del riparo) collegato in serie.

Una guida alla stima della probabilità di mascheramento di un guasto e del massimo DC¹⁸ per gli interruttori di posizione coinvolti è rappresentata dallo **standard ISO/TR 24119 Sicurezza del macchinario. Valutazione del mascheramento di errori dovuti alla connessione in serie di dispositivi di interblocco associati ai ripari con contatti potenzialmente liberi** la cui prima edizione è stata pubblicata il 15 dicembre 2015.

¹⁸ Safety of machinery - Evaluation of fault masking serial connection of interlocking devices associated with guards with potential free contacts.

Caso studio

Il presente caso studio si pone l'obiettivo di mettere in evidenza l'approccio individuato dalla norma EN ISO 14119:2013, con particolare riferimento alla neutralizzazione del dispositivo di interblocco in modo ragionevolmente prevedibile, per la prevenzione delle dinamiche incidentali note e maggiormente ricorrenti.

Attrezzatura:	impianto per la realizzazione di blister di materiale termoplastico
Parte interessata dall'evento incidentale:	<p>zona tra la termoformatrice e la stampante:</p> <p>Modalità di accesso alla parte pericolosa della macchina nonostante l'installazione di un micro interruttore con attuatore separato (chiavetta) di sicurezza</p>
 <p>Figura 13: Manovra di apertura del riparo 1 senza apertura del riparo 2</p>	
<p>L'apertura completa del riparo 1 era condizionata geometricamente alla precedente apertura del riparo 2. L'apertura del riparo 2 bloccava la funzionalità dell'insieme.</p>  <p>Figura 14: Posizione del riparo interbloccato tra termoformatrice e stampante</p>	
Dinamica incidentale:	<p>Il riparo in plexiglass interbloccato ed installato sulla macchina a protezione degli elementi mobili della sezione "termoformatrice" è risultato facilmente eludibile dall'operatore. Pur essendo associato al riparo un dispositivo di interblocco ad azionamento meccanico positivo¹⁹, era sempre possibile in considerazione del punto di installazione dello stesso sollevare parzialmente il riparo per mezzo della maniglia ed accedere alle parti pericolose a macchina in movimento senza che il dispositivo di interblocco potesse intervenire. Trattasi di un caso di uso scorretto ragionevolmente prevedibile e quindi riguarda direttamente le problematiche afferenti ai principi di integrazione della sicurezza (Requisito essenziale di salute e sicurezza RES 1.1.2 c).</p>

¹⁹ Azionamento meccanico positivo ovvero movimento di un componente meccanico che deriva inevitabilmente da un altro componente meccanico sia per contatto diretto sia tramite elementi rigidi.

Problematiche emerse	Requisiti richiesti dalla EN ISO 14119:2013	Possibili soluzioni
Montaggio dell'interblocco in una posizione non idonea	I dispositivi di interblocco devono essere installati in maniera adeguatamente robusta in conformità con le istruzioni fornite dal fabbricante e il movimento prodotto da un attuatore meccanico deve rimanere entro i valori operativi specificati per assicurare una corretta operatività.	L'attuatore nel caso in esame, a causa dell'errata installazione, non eseguiva una corsa adeguata alla corretta operatività del dispositivo di interblocco. In particolare, all'atto dell'apertura del riparo su cui l'interblocco è installato.
Progettare per ridurre le possibilità di neutralizzazione	Il dispositivo di interblocco deve interferire il minimo possibile con l'operatività e con le altre fasi della vita della macchina, in modo da ridurre qualsiasi incentivo alla neutralizzazione. È necessario quindi agevolare operatività delle macchine, in particolare durante la manutenzione e le operazioni di servizi.	Nel caso in esame il dispositivo veniva eluso per eseguire un'operazione di ripristino del normale funzionamento della macchina a valle di un inceppamento. L'operatore infatti per liberare l'organo bloccato ha seguito la linea di minor resistenza che consisteva nella manovra illustrata in fig. 13 piuttosto che eseguire il fermo della macchina aprendo i ripari interbloccati.
	Per evitare la neutralizzazione in modo ragionevolmente prevedibile di un dispositivo di interblocco, la norma evidenzia la necessità di garantire che il movimento prodotto da un attuatore meccanico o lo spazio tra il sistema di azionamento e il dispositivo di prossimità rimanga nel range di operatività specificata dell'interruttore di posizione.	Nel caso in esame la corsa dell'attuatore associato al riparo 1 non era eseguita all'atto dell'apertura del riparo.
	Occorre verificare l'esistenza di motivazioni che si configurano come incentivi alla neutralizzazione dei dispositivi di interblocco in modo ragionevolmente prevedibile.	La posizione del dispositivo di interblocco costituiva un incentivo alla neutralizzazione del dispositivo stesso in modo ragionevolmente prevedibile ²⁰ . La condizione che si è verificata è ben evidenziata dall'applicazione della tabella H.2 della norma EN 14119:2013 "Esempi di valutazione della motivazione alla neutralizzazione dei dispositivi di interblocco" al caso studio illustrato.

20 Si ricorda che la norma, qualora il pericolo sussistesse, richiede di implementare delle misure addizionali con riferimento alla tabella 3 illustrata nel paragrafo *Defeating* - misure addizionali.

Tabella 3 - Applicazione al caso studio della tabella proposta in allegato H dalla norma EN 14119:2013 per la valutazione della motivazione alla neutralizzazione dei dispositivi di interblocco proposta²¹



Attività	Automatico	Attività permessa in questi modi di funzionamento?	Attività possibile senza neutralizzazione?	Più facile/più conveniente	Più veloce, produttività aumentata	Flessibilità, ad es. per pezzi di lavoro più grandi
Avvio						
Prova del programma, corsa di test						
Lavorazione						
Intervento manuale per la rimozione di residui	✔	SI, solo dopo l'intervento dei dispositivi di protezione	SI	✔	✔	
Cambio manuale del pezzo in lavorazione						
Intervento manuale per la risoluzione di problemi						
Controllo/campionamento casuale						
Intervento manuale per misurazione/ rifiniture						
...						
...						

²¹ Libera traduzione a cura dell'autore



Maggiore precisione	Migliore visibilità	Migliore udibilità	Minore sforzo fisico	Percorso ridotto	Maggiore libertà di movimento	Migliore flusso di movimento	Evitare l'interruzione
			✓	✓			✓

Bibliografia

- [1] D.lgs. 3 agosto 2009, n. 106, Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- [2] EN ISO 13855:2010, Sicurezza del Macchinario - Posizionamento dei dispositivi di protezione in funzione delle velocità di avvicinamento di parti del corpo
- [3] EN ISO 14119:2013, Sicurezza del macchinario. Dispositivi di interblocco associati ai ripari. Principi di progettazione e scelta
- [4] EN ISO 1088:1998+A1:2007, Sicurezza del macchinario. Dispositivi di interblocco associati ai ripari. Principi di progettazione e scelta
- [5] EN ISO 13849 -1:2015, Sicurezza del macchinario - Parti dei sistemi di comando legate alla sicurezza - Parte 1: Principi generali per la progettazione
- [6] IEC 62061:2005, + A1:2012 + A2:2015, Sicurezza funzionale dei sistemi elettrici, elettronici ed elettronici programmabili relativi alla sicurezza
- [7] EN ISO 12100:2010, Sicurezza del macchinario - Principi generali di progettazione - Valutazione del rischio e riduzione del rischio
- [8] D.lgs. 17/10 Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori.
- [9] EN ISO 14120:2015, Sicurezza del macchinario - Ripari - Requisiti generali per la progettazione e la costruzione di ripari mobili e fissi
- [10] CEI IEC 60947 -5 -3:2013, Apparecchiature a bassa tensione - Part 5 -3: I dispositivi di controllo e di elementi di commutazione - Requisiti per dispositivi di prossimità con comportamento definito in condizioni di guasto (PDDDB)
- [11] CEI IEC 60529:2013 Gradi di protezione degli involucri

Appendice 1

La tecnologia RFID (Radio-Frequency IDentification)

La tecnologia RFID si compone di due elementi fondamentali: il TAG ed il READER.

Il **TAG** o transponder a radiofrequenza è di piccole dimensioni, costituito da un circuito integrato (chip) con funzioni di semplice logica di controllo, dotato di memoria, connesso ad un'antenna ed inserito in un contenitore o incorporato in una etichetta di carta, una Smart Card, una chiave o in una cosiddetta "smartlabel". Questa tecnologia risulta assai diffusa anche nell'ambito dell'abbigliamento all'ingrosso e al dettaglio, sia per il riconoscimento che come tecnologia antitaccheggio. La peculiarità di queste etichette consiste nel fatto che la memoria interna è alimentata direttamente ed esclusivamente dal gruppo di lettura/scrittura e può essere sovrascritta innumerevoli volte. Le etichette di identificazione possono essere applicate a tutti i tipi di imballaggio e contenitore, ad esempio: scatole di cartone, bottiglie di vetro, barattoli o sacchetti di plastica.

Il TAG permette la trasmissione di dati a corto raggio senza contatto fisico. I dati contenuti nella memoria del TAG sono limitati ad un codice univoco (identificativo). I TAG o transponder possono essere passivi o attivi.

I TAG passivi hanno dimensioni contenute e basso costo in quanto sono costituiti da una antenna, dalla quale attingono l'energia sufficiente per innescarsi, riconoscere il **reader** e ritrasmettere il suo codice precedentemente memorizzato. Il limite del TAG passivo è la distanza di comunicazione che non può andare oltre al paio di metri.

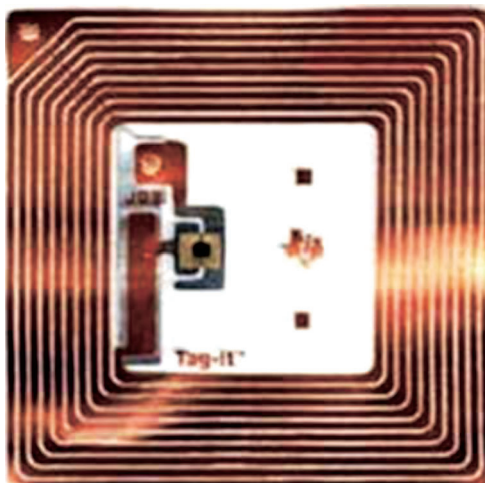


Figura 15: Esempio di TAG passivo

I TAG attivi, invece, essendo alimentati autonomamente da una batteria, hanno maggiori dimensioni, possono trattare una quantità maggiore di dati e arrivano a distanze di comunicazione ragguardevoli (alcune centinaia di metri).

Il **READER**, è un ricetrasmittitore controllato da un microprocessore ed usato per scrivere, interrogare e ricevere le informazioni in risposta provenienti dai TAG.

Il Reader (chiamato anche "interrogator" o "controller" se distinto dalla sua antenna) è l'elemento che, nei sistemi RFID, consente di assumere le informazioni contenute nel TAG. Si tratta di un vero e proprio ricetrasmittitore, governato da un sistema di controllo e spesso connesso in rete con sistemi informatici di gestione per poter ricavare informazioni dall'identificativo trasmesso dai TAG.

Questo infatti, specie nei TAG passivi, è un semplice codice che ha però la particolarità di essere univoco e sempre leggibile, a differenza dei codici a barre i quali devono avere la perfetta visibilità da parte del bar-reader e risultano conseguentemente illeggibili se il codice a barre risulta danneggiato. Entrando quindi in un sistema informativo ed usando un codice univoco come chiave di ricerca, si possono ricavare dettagliate informazioni (anche aggiornate nel tempo) sul particolare oggetto a cui il TAG è associato.

I Reader per TAG attivi sono dei ricetrasmittitori controllati, che possono usare le più diverse tecniche a radiofrequenza. I TAG attivi, ad oggi, sono solo in piccola parte coperti da standard specifici. I Reader per TAG passivi (e semi passivi), invece, devono emettere segnali RF di tipo particolare, in grado di fornire al TAG anche l'energia necessaria per la risposta.

Le bande di frequenze più comunemente usate nella tecnologia RFID sono:

- LF (*Low Frequencies*) 120 ÷ 145 kHz. La prima frequenza utilizzata e tuttora in uso frequente;
- HF (*High Frequencies*) 13,56 MHz. È la banda più utilizzata oggi in tutto il mondo;
- UHF (*Ultra High Frequencies*) 865 ÷ 950 MHz. È la "nuova banda" per gli RFID per la logistica;
- UHF alta gamma: 2,4 GHz.

Un tipo particolare di TAG a radiofrequenza è costituito dalle carte elettroniche a microchip senza contatto.

L'impiego principale dei TAG RFID è quello dell'identificazione di oggetti e più in generale della logistica (identificazione di imballaggi, pallet, container e quant'altro lungo la catena di distribuzione).

Recentemente questa tecnologia si è andata ad affermare massicciamente in ambito industriale per la soluzione di problematiche di sicurezza uomo/macchina per quanto riguarda gli interblocchi di sicurezza.

I dispositivi di interblocco che utilizzano come attuatore un TAG RFID codificato rappresentano una soluzione che ben si adatta ad ambienti con polveri, lavaggi e disallineamenti, essendo priva di elementi di contatto o azionamenti meccanici.

Questi sistemi prevedono un "reader" di dimensioni molto contenute, solitamente

te collegato tramite un piccolo connettore e quindi facilmente alloggiabile in qualsiasi tipo di riparo apribile che dia accesso a parti pericolose della macchina. Sulla struttura fissa viene montato solitamente il "reader", sul riparo apribile viene montato il TAG che ha le medesime dimensioni del "reader" ma può essere anche molto più piccolo.

Alla prima alimentazione del READER, viene trasmesso dallo stesso un codice casuale a combinazione al TAG che gli sta di fronte (riparo chiuso). Il TAG, alimentato dallo stesso READER, memorizza tale codice. L'elettronica del TAG abiliterà le sue uscite sicure solamente quando leggerà il codice generato la prima volta (Riparo chiuso: TAG davanti a READER). In alcuni dispositivi, c'è anche la possibilità di riprogrammazione del TAG in caso di sostituzione dello stesso.

Appendice 2

L'immissione sul mercato e la messa in servizio di un dispositivo di interblocco)

I dispositivi di interblocco con o senza bloccaggio del riparo possono essere classificati come:

- parti del sistema di comando della macchina (rif. ISO 13849 -1), o dei dispositivi esclusivamente meccanici, idraulici, pneumatici o elettromeccanici utilizzati come interblocco bloccabile da scomporre (adesso scomposti in azionatore, sistema di azionamento, sistema di uscita, comando di blocco, funzione di blocco) in modo da valutarne l'affidabilità (di ogni elemento) per la conformità al PL secondo ISO 13849 -1. In questa particolare situazione, le due norme ovvero la EN ISO 14119 e la EN 13849 -1 hanno una profonda interazione infatti esse forniscono per il dispositivo di interblocco dei requisiti "complementari" ovvero la EN ISO 14119:2013 fornisce indicazioni per la scelta, valutazione e installazione in funzione dell'applicazione, della forza di tenuta, delle condizioni ambientali e di posizionamento, la EN 13849 -1 entra nel merito della durata, della copertura diagnostica e della configurazione di collegamento del dispositivo di interblocco.
- un subsistema o un elemento di un subsistema di un sistema di controllo elettrico di sicurezza che trova riferimento nella norma IEC 62061:2005 "Sicurezza funzionale dei sistemi elettrici / elettronici / elettronici programmabili relativi alla sicurezza". Questa norma interagisce in minor misura con la norma EN ISO 14119:2013 ma in ogni caso rimane di fondamentale importanza nel caso si valutino dispositivi di ultima generazione che spesso sono considerati come "safety function" completa (ingresso - logica - uscita) integralmente garantita e certificata dal costruttore stesso del dispositivo. In questo caso, si viene esentati dal dover scomporre il dispositivo nei vari elementi per valutarne l'affidabilità in quanto è un lavoro già svolto dal costruttore del dispositivo (software compreso) e diagnosticate dal dispositivo stesso. Generalmente questi dispositivi sono dichiarati in PL "e" o SIL "3" e garantiscono la sicurezza contro il singolo guasto (cat. 4).

Nella previgente direttiva 98/37/CE il fabbricante di un componente di sicurezza, quale un interblocco con o senza funzioni di bloccaggio, doveva rilasciare una dichiarazione di conformità CE di cui all'Allegato IIC, ma il componente non doveva recare la marcatura CE, indipendentemente dall'iter di valutazione di conformità che si adottava. Nella direttiva 2006/42/CE i componenti di sicurezza²² rientra-

22 c) «componente di sicurezza»: componente:

- 1) destinato ad espletare una funzione di sicurezza;
- 2) immesso sul mercato separatamente;
- 3) il cui guasto ovvero malfunzionamento, mette a repentaglio la sicurezza delle persone;
- 4) che non è indispensabile per lo scopo per cui è stata progettata la macchina o che per tale funzione può essere sostituito con altri componenti.

no invece nella definizione di “macchina” e i fabbricanti degli stessi devono adottare gli iter di valutazione della conformità delle macchine, nonché essere accompagnati dalla dichiarazione CE di conformità di cui all'allegato IIA e recare la marcatura CE ai sensi della Direttiva 2006/42/CE.

Si precisa che ricadono nel campo di applicazione di quest'ultima solo quei componenti di sicurezza destinati ad essere immessi sul mercato separatamente. Pertanto qualora essi siano destinati ad essere incorporati in una macchina costruita dal medesimo fabbricante non necessitano di essere sottoposti alla procedura di immissione sul mercato in quanto la loro conformità alla direttiva è assicurata dalla procedura di immissione sul mercato/messa in servizio della macchina.

Per la stessa ragione, quando il fabbricante fornisce componenti di sicurezza come pezzi di ricambio in sostituzione di componenti di sicurezza originali sulla macchina che ha immesso sul mercato, questi non sono disciplinati dalla direttiva macchine, ovvero non devono essere sottoposti alla procedura di immissione sul mercato e quindi non necessitano né di dichiarazione CE di conformità e né di marcatura CE; queste ultime sono invece richieste se detti componenti sono forniti non dal costruttore originario della macchina. Anche la Direttiva 98/37/CE.

DAS DEFEATING EINER VERRIEGELUNGSEINRICHTUNG IN VERBINDUNG MIT SCHUTZVORRICHTUNGEN

INAIL

Die Norm EN ISO 14119:2013. Fallstudie

2016

Inhaltsverzeichnis

Einführung	5
Definitionen	8
Anwendungsbereich	8
Die struktur der norm EN 14119	9
Der neue grundsatz für die klassifizierung von verriegelungseinrichtungen	10
Verriegelungen mit kodierungsstufen: niedrig – mittel - hoch	14
Grundsätze von verriegelten trennenden schutzvorrichtungen mit zuhaltung	15
Anforderungen an eine sicherheitsverriegelung	16
 Holding force (zuhaltekräfte) von verriegelungseinrichtungen	17
<i>Defeating</i> durch vernünftigerweise vorhersehbare fehlanwendung	20
<i>Defeating</i> - zusätzliche massnahmen	22
Umwelteinflüsse bei der auswahl einer verriegelung	23
Zusätzliche anforderungen an verriegelungseinrichtungen	24
Die elektromagnetische verriegelung	24
Fehlerbewertung	26
Vermeidung von ausfällen aufgrund gemeinsamer ursache	28
Fehlermaskierung	29

Fallstudie	30
Literaturverzeichnis	34
Anhang 1 - Die RFID-technologie (Radio - Frequency IDentification)	35
Anhang 2 - Arkteinführung und inbetriebnahme einer verriegelungseinrichtung	38

Einführung

Das vorliegende Dokument ist das Ergebnis der Zusammenarbeit von INAIL – Departement für technologische Erneuerungen und Sicherheit der Anlagen, der Produkte und der menschlichen Siedlungen *Dit*, und besonders dem Bereich Arbeitsgeräte und -maschinen, dem Ministerium für Arbeit, der interregionalen Arbeitsgruppe Maschinen und Anlagen, Federmacchine (Italienischer Fachverband für Maschinenbau), UNI (Italienisches Institut für Normierung), UCIMA (Italienischer Fachverband für die Verpackungsmittelindustrie) und der Schmersal Italia Srl, mit dem Ziel, ein Thema zu erörtern, das eine beträchtliche gesellschaftliche Bedeutung hat, das sogenannte *defeating*, d.h. das Außerkraftsetzen eines Sicherheitsgerätes bei Maschinen und Anlagen. Die Norm EN ISO 14119:2013 “Sicherheit von Maschinen - Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzvorrichtungen - Leitsätze für Gestaltung und Auswahl” trifft Regelungen mit dem Ziel das vernünftigerweise vorhersehbaren Umgehen der Schutzeinrichtungen zu vermeiden. Sie definiert das Außerkraftsetzen als eine Maßnahme, die die Verriegelungseinrichtung außer Funktion setzt oder umgeht und somit die Maschine in einer nicht vom Hersteller vorgesehener Weise oder ohne die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen benutzt wird.

Das Außerkraftsetzen von Schutzvorrichtungen kann sich als vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung erweisen, wenn das Prinzip der Sicherheitsintegration gemäß der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG unzureichend berücksichtigt wurde. Die Abgrenzung einer unsachgemäßen Anwendung von einer vernünftigerweise vorhersehbaren unsachgemäßen Anwendung werden nach wie vor heftig diskutiert.

Die Norm EN ISO 12100:2010 “Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung”, nennt Beispiele für leicht vorhersehbaren unsachgemäßen Gebrauch sowie für unsachgemäßes menschliches Verhalten, die beide bei der Risikoanalyse berücksichtigt werden müssen. Dazu gehört auch, ob man sich für den “*Weg des geringsten Widerstands*” bei der Ausführung einer Aufgabe entscheidet, oder dem Druck nachgibt, die Maschine unter allen Umständen im Betriebszustand zu halten.

Es wird daran erinnert, dass das Aussetzen der Sicherheitsfunktion nicht strikt verboten ist, insofern dies vorgesehen ist; in solchen Fällen spricht man von Nutzungsbedingungen bei **ausgesetzter Sicherheit doch mit verbesserter**

Betriebskontrolle (zum Beispiel Stellteile mit Zustimmschalter, für eingeschränkte Verschiebung, ...). Man greift auf die vorgenannten Betriebsbedingungen zurück, wenn einige Einstell- und Wartungsarbeiten mit beweglichen und/oder mit Strom versorgten Maschinenteilen durchgeführt werden müssen.

Die Außerkraftsetzung von Sicherheitsgeräten, wie z.B. Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit Schutzvorrichtungen, die aus unsachgemäßer Benutzung oder vernünftigerweise vorhersehbare unsachgemäße Benutzung resultiert, ist ein soziales Übel, das zu schweren und sogar tödlichen Arbeitsunfällen von Maschinenbedienern, Monteuren und Wartungspersonal führen. Auch die Arbeitgeber sind stark davon betroffen und in der Verantwortung, da sie für die Einhaltung der notwendigen Maßnahmen zuständig sind. Sie müssen dafür sorgen, dass die Risiken bei der Benutzung von Maschinen, Anlagen und Betriebsmitteln auf ein Mindestmaß reduziert werden. Zudem müssen sie verhindern, dass die Arbeitsmittel für Arbeiten oder unter Bedingungen benutzt werden, für die sie nicht bestimmt sind. Diese Aufgabe des Arbeitgebers¹ beginnt schon bei der Produktauswahl der Arbeitsmittel. Sie müssen für die auszuführenden Arbeiten, der Gesundheit und der Sicherheit geeignet sein. Außerdem muss der Arbeitgeber den Arbeitnehmern Maschinen/Betriebsmittel zur Verfügung stellen, die den Anforderungen von spezifischen Gesetzen, EU-Richtlinien und allgemeinen Sicherheitsvorschriften (s. Anlage V des GvDs 81/08) entsprechen. Im letzteren Fall bzw. bei Maschinen ohne CE-Kennzeichnung ist eine entsprechende Bewertung und Risikoanalyse mit Rücksicht auf das Alter des Produkts unumgänglich, um sicherzustellen, dass die Sicherheitsgeräte (somit auch die Verriegelungseinrichtungen) noch wirksam sind. Zudem ist der Arbeitgeber verpflichtet bei Reparaturen, Umbauten oder Wartungen qualifiziertes Personal einzusetzen, damit die Arbeiten entsprechend ausgeführt werden². Die genannten Pflichten müssen die Entwicklungen des Stands der Technik berücksichtigen.

Die Außerkraftsetzung kann durch missbräuchlichen Eingriff, Manipulation oder Umgehung erfolgen (siehe Definitionen im entsprechenden Bereich dieses Dokuments); dies sind Vorgehensweisen, welche die Sicherheitsgeräte komplett umgehen und im Hinblick auf die Schwere der Unfälle als auch auf die Haftung der Beteiligten, je nach angesteuertem Ziel, unterschiedliche Konsequenzen haben können.

Bei der Konstruktion und beim Bau der Maschine sowie bei der Ausarbeitung der Betriebsanleitung muss der Hersteller oder sein Bevollmächtigter nicht nur die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine, sondern auch jede vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung der Maschine in Betracht ziehen. Dies wird im Punkt 1.1.2c des Anhangs I der MRL 2006/42/EG gefordert. Sollte diese Anforderung der o.g. Maschinenrichtlinie nicht erfüllt werden, steht der

1 Abs. 1 und 2 Art 71 d. GvD 81/08 idgF.

2 Buchstaben f, g, Art. 20 und Art. 24 d. GvD 81/08 idgF.

Maschinenhersteller in der Verantwortung, da er somit zu einer nicht in der Betriebsanleitung vorgesehenen Fehlanwendung ermutigen könnte.

Das vorliegende Dokument erörtert die o.g. kritischen Punkte mit Bezug auf Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzvorrichtungen mit und ohne Zuhaltung.

Das Dokument ist inhaltlich ein Leitfaden der wichtigsten Änderungen, die mit der Norm EN ISO 14119:2013 "Sicherheit von Maschinen - Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen - Leitsätze für Gestaltung und Auswahl" eingeführt wurden. Sie ersetzt die bisher geltenden EN 1088:2007, die bis 30. April 2015 Gültigkeit hatte.

Mit der Ausarbeitung der neuen Normen weist der Normungsgeber bewusst auf die Notwendigkeit hin, dass die nicht genehmigte Entfernung oder Bearbeitung der Sicherheitsgeräte³ durch die Auswahl und Konstruktion dieser Einrichtungen so schwer wie möglich zu gestalten ist, in diesem Sinne werden dem Hersteller die notwendigen Angaben gemäß dem neuesten Stand der Technik gegeben.

Die wichtigsten Änderungen, die neu eingeführt wurden und die wir in diesem Dokument behandeln, sind:

- eine neue Klassifizierung mit entsprechender Definition der 4 Bauarten von Verriegelungseinrichtungen;
- eine neue Beschreibung von Verriegelungseinrichtungen mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen;
- die Minimierung der Möglichkeit des "Umgehens auf eine vernünftigerweise vorhersehbare Art" während der Konstruktionsphase und die Maßnahmen, welche das Eintreten dieser Ereignisse minimieren;
- die Berücksichtigung von Umwelteinflüssen bei der Auswahl der Verriegelungseinrichtung;
- Angaben zur Dimensionierung und Positionierung von Verriegelungseinrichtungen mit Zuhaltung entsprechend der Zuhaltekraft;
- Zusätzlichen Funktionen der Entsperrung.

3 Buchstabe f Art. 20 d. d. GvD 81/08 idgF.

Definitionen

Das vorliegende Dokument stellt die in der Norm EN ISO 14119:2013 beschriebenen Instrumente für die Minimierung der Möglichkeit des vernünftigerweise vorhersehbaren *Defeatings* von Sicherheitsgeräten vor, ungeachtet dessen, ob diese durch missbräuchlichen Eingriff, Manipulation oder Umgehung hervorgerufen wurde.

Die Norm EN ISO 14119:2013 enthält eine Definition des *Defeatings* bzw. des Außerkraftsetzens als eine Maßnahme, die die Verriegelungseinrichtung außer Funktion setzt oder umgeht und somit ermöglicht, dass die Maschine in nicht vom Hersteller vorgesehener Weise oder ohne die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen benutzt wird.

Die sogenannten Handlungen werden als missbräuchlicher Eingriff, Manipulation und Umgehung eingestuft, die sich als Fehlanwendung oder vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung erweisen können. Nachfolgend sind die entsprechenden Definitionen aufgeführt, die ausschließlich für dieses Dokument gelten:

Missbräuchlicher Eingriff: Eingriff innerhalb der Einrichtung, um deren Betriebsfunktion zu ändern (Beispiel: Änderung der Betriebssoftware);

Manipulation: leicht erkennbarer Eingriff, hauptsächlich auf Sicherheitsgeräten wie z.B. Kontrolle der Einrichtung (Beispiel: Klebeband an einem Sicherheitsschalter);

Umgehung: Eingriff, der die Wirksamkeit der Sicherheitsgeräte außer Kraft setzt, ohne dass diese direkt betroffen sind (Beispiel: der Bediener kann die Gefahrenzone erreichen, ohne die verriegelte Schutzvorrichtung zu öffnen).

Anwendungsbereich

Bevor man sich im Einzelnen mit den eingeführten Neuheiten der Norm befasst, sollte man nicht vergessen, dass ihr Zweck und ihr Anwendungsbereich trotz neuer Referenznormen im Großen und Ganzen unverändert sind. Die Norm EN ISO 14119:2013 ersetzt die bekannte Norm EN 1088:1997+A1:2007 und legt Leitlinien für die Gestaltung und Auswahl von Verriegelungseinrichtungen unabhängig von der Energieart, in Verbindung mit trennenden Schutzvorrichtungen fest und umfasst sämtliche Teile der trennenden Schutzvorrichtungen, die die Verriegelungseinrichtungen betätigen. Die Eigenschaften von trennenden Schutzvorrichtungen zum Schutz von Personen vor mechanischen Gefahrenquellen werden in der Norm ISO 14120:2015⁴ behandelt, während die Signalverarbeitung der Verriegelungseinrichtung für den Maschinenstillstand und den sicheren Zustand der Maschine in den Normen ISO 13849-1 und IEC 62061 behandelt wird.

Die Norm UNI EN 1088:1997+A1:2007 lieferte auch die spezifischen

4 Die Norm EN ISO 14120:2014 "Sicherheit von Maschinen - Trennende Schutzeinrichtungen - Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen", die die Norm EN 953:2009 ersetzte.

Anforderungen an elektrische Verriegelungseinrichtungen, während die Norm EN 14119:2013 die heute verfügbaren Bauarten von Verriegelungseinrichtungen beschreibt⁵.

Die struktur der norm EN ISO 14119

Die Norm beginnt mit einer Klassifizierung der Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzvorrichtungen, sowie mit einer Beschreibung der Arbeitsprinzipien und typischen Bauformen.

Anschließend werden die Anforderungen für die Gestaltung und die Installation von Verriegelungseinrichtungen mit und ohne Zuhaltung der Schutzvorrichtung aufgeführt. Dieser Teil enthält Angaben zu folgenden Themen:

- Anordnung und Befestigung von Positionsschaltern (mit besonderem Augenmerk auf notwendige Zugänge für Wartungsarbeiten, um ein gefährliches vernünftigerweise vorhersehbares Umgehen zu verhindern),
- Anordnung und Befestigung von Betätigern,
- Betätigungsarten von Verriegelungseinrichtungen,
- Schnittstelle zu den Steuerungen,
- Eventuelle mechanische Anschläge von Verriegelungseinrichtungen.

Außerdem werden zusätzliche Anforderungen an Verriegelungseinrichtungen mit Zuhaltung (mechanisch oder elektromagnetisch) genannt, sowie an die Überwachung der Zuhaltung mit der Einführung **neuer** Punkte, die später im Text noch ausführlicher behandelt werden: Definition der *holding force* (Zuhaltekraft) der Verriegelungseinrichtungen und Einführung von Entsperrungsmöglichkeiten von Verriegelungseinrichtungen, die vom Hersteller vorgesehen werden können.

Es wird darauf hingewiesen, dass angesichts der neuen MRL 2006/42/EG die Wahl eine Verriegelungseinrichtung mit einer Schutzvorrichtung mit oder ohne Zuhaltung zu verbinden, ausschließlich vom Ergebnis der Risikobewertung abhängt und nicht von der Tatsache, ob die trennenden Schutzvorrichtungen vor beweglichen Teilen der Kraftübertragung oder vor beweglichen Teilen, die am Arbeitsprozess beteiligt sind, schützen sollen.

⁵ Die Norm behandelt auch Teile der Anforderungen der Schlüsseltransfer-Systeme *Trapped-Key-Systems*.

Die Norm weist zudem auf folgende Aspekte bei der Auswahl von Verriegelungseinrichtungen hin:

- die „Failure“-möglichkeit (Ausfall: Schaden, Nichteingreifen, usw.) der Verriegelungseinrichtung;
- das Verhältnis von Systemstillstand und Zugriffsdauer (auf der Basis von EN ISO 13855:2010 zu berechnen) – wenn dieses Verhältnis kleiner als eins ist, fordert die Norm, dass eine Verriegelungseinrichtung mit Zuhaltung verwendet wird;
- die geforderten PL (Performance Level) oder SIL (Safety Integrity Level) für die Sicherheitsfunktionen⁶,
- Berücksichtigung von Umgebungseinflüssen.

Somit werden die erforderlichen Maßnahmen zur Minimierung einer möglichen Außerkräftsetzung bzw. *Defeating* der Verriegelungseinrichtungen, sowie die Aspekte und Auswirkungen der Veränderungen genannt.

Abschließend werden die Anforderungen an die Steuerung und Überwachung der Verriegelungseinrichtungen behandelt. Dieser Punkt wurde neu eingefügt und berücksichtigt die neuen Regelungen der Normen EN ISO 13849-1 und IEC 62061.

Der neue Grundsatz für die Klassifizierung von Verriegelungseinrichtungen

Verriegelungseinrichtungen sollen hauptsächlich die Stellung einer beweglichen trennenden Schutzvorrichtung überwachen. Sie können aber auch als Kontrolleinrichtung für andere Funktionen (z.B. Überwachung des Anhaltens von gefährlichen Maschinenbewegungen) benutzt werden. Im Handel gibt es verschiedene Bauarten, die sich nach angewandeter Technologie und nach Funktionsprinzip unterscheiden lassen. Die Norm führt eine neue Klassifizierung mit den Anforderungen der verschiedenen Bauarten von Verriegelungen sowie eine Einstufung in drei „Elemente“ ein bzw.:

- Betätiger,
- Betätigung,
- Ausgangssystem.

⁶ Siehe weitere Erläuterungen im Anhang 2.

Actuation principle examples		Actuator examples		Type	Examples: see Annex ^a
Mechanical	Physical contact/force	Uncoded	Rotary cam	Type 1	A.1
			Linear cam		A.2, A.4
			Hinge		A.3
		Coded	Tongue (shaped actuator)	Type 2	B.1
			Trapped-key		B.2
Non contact	Inductive	Uncoded	Suitable ferric metal	Type 3	C
	Magnetic		Magnet, solenoid		
	Capacitive		Any suitable object		
	Ultrasonic		Any suitable object		
	Optic		Any suitable object		
	Magnetic	Coded	Coded magnet	Type 4	D.1
	RFID		Coded RFID tag		D.2
	Optic		Optically coded tag		-

^a Examples of other interlocking devices are given in Annex E.

Abbildung 1: Tabelle 1 der Norm EN ISO 14119:2013 – Überblick über die Verriegelungseinrichtungen

Bei jedem Element sind unterschiedliche Problematiken zu berücksichtigen, die jeweils nach Problematik und Kriterien gemäß der Normen EN-ISO 13849-1 oder IEC 62061:2005 bewertet werden.

Je nach Betätigungsprinzip (mechanisch oder berührungslos) und der Ausprägung des Betätigers (mit oder ohne Kodierung) werden vier Arten von Verriegelungseinrichtungen definiert. Auf diese Klassifizierung beziehen sich die einzelnen Angaben und Anforderungen der Norm.

Bauart 1: Mechanisches Wirkprinzip, nicht kodierte Betätigung

Bauart 2: Mechanisches Wirkprinzip, kodierte Betätigung

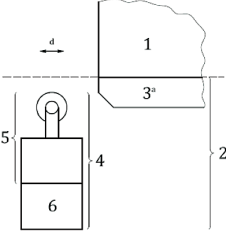

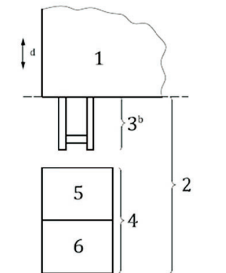

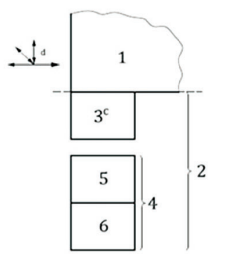

Bauart 3: Berührungsloses Wirkprinzip, nicht kodierte Betätigung

Bauart 4: Berührungsloses Wirkprinzip, kodierte Betätigung

Es wird darauf hingewiesen, dass die Nummerierung keine Aussage über das Sicherheitsniveau der Verriegelungseinrichtung trifft.

Nachfolgend eine Übersichtstabelle mit den Haupteigenschaften der verschiedenen Bauarten von Verriegelungseinrichtungen mit von der Norm vorgeschlagenen Skizzen und mit Abbildungen der Verriegelungseinrichtungen.

Abbildung 2: Die neue Klassifizierung der Verriegelungseinrichtungen

<p>BAUART 1</p> <p>Elektromechanische Verriegelungseinrichtung ohne Kodierung.</p> <p>Bemerkung: wichtige Anforderung: Zwangsöffnung der Kontakte und zwangsläufige Betätigung</p>	<p>Eigenschaften der elektromechanischen Verriegelung</p> <p>Betätiger: Abnutzung Verschiebung/Lockerung Stöße Erschütterung</p> <p>Betätigungssystem Abnutzung Verschiebung/Lockerung Stöße Erschütterung Umgebung (Staub, Wasser, etc.)</p>	 <p>Bauart 1 Verriegelung mit Schaltnocke (offene Schutzvorrichtung)</p>	
<p>BAUART 2</p> <p>Kodierte elektromechanische Verriegelung mit spezifischem Betätiger.</p>	<p>Ausgangssystem Überspannung Kurzschluss Umgebung Konfiguration</p>	 <p>Bauart 2 Verriegelung mit getrenntem Betätiger (offene Schutzvorrichtung)</p>	
<p>BAUART 3</p> <p>Verriegelung mit nicht kodiertem magnetischem, kapazitivem, optischem Sensor.</p> <p>Bemerkung: Bei Einzelbenutzung muss der magnetische Sensor der Norm IEC 60947-5-3 entsprechen</p>	<p>Eigenschaften der elektronischen und magnetischen Verriegelung</p> <p>Betätiger Kein mechanisches Problem</p> <p>Betätigungssystem Kein mechanisches Problem</p> <p>Ausgangssystem Überspannung/Kurzschluss (magnetisch) Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Konfiguration Konformität (PDF⁷)</p>	 <p>Bauart 3 oder 4 Verriegelung mit kontaktloser kodierter oder nicht kodierter Betätigung (geschlossene Schutzvorrichtung)</p>	
<p>BAUART 4</p> <p>Verriegelung mit kodiertem Magnet- oder Elektronik-sensor.</p> <p>Bemerkung: Die Magnetsensoren müssen mit einem geeigneten sicheren Ausgangssystem verbunden sein</p>			

Legende für Schema: Verriegelungseinrichtungen

1 bewegliche trennende Schutzvorrichtung

2 Verriegelungseinrichtung

3 Betätiger: Teil der Verriegelungseinrichtung, der die Position der Schutzvorrichtung (OFFEN/GESCHLOSSEN an die Betätigung (a Nochke, b Schlüssel, c RFID, Reflektor oder geeignete Oberfläche; d Annäherungsrichtung)

4 Positionsschalter

5 Betätigungssystem: Teil der Verriegelungseinrichtung, der die Position des Betätigers an das Ausgangssystem übermittelt

6 Ausgangssystem: Teil der Verriegelungseinrichtung, die die Zuhalteposition der Schutzvorrichtung an die Steuerung weitergibt

7 Siehe Details im Absatz "Magnetische Verriegelung".

Verriegelungen mit Kodierungsstufen: niedrig - mittel - hoch

Ein kodierter Betätiger ist ein Betätiger, der speziell für die Betätigung des im zugeordneten Positionsschalters entwickelt wurde (z.B. formentsprechend). Die Kodierungsstufen niedrig - mittel - hoch wurden entsprechend den Kombinationsmöglichkeiten der Betätiger definiert und sind in drei Kategorien eingeteilt:



Abbildung 3: Kodierungsstufen

Kodierungsstufen:

Niedrig: Kodierungsmöglichkeiten: 1 ... 9

Mittel: Kodierungsmöglichkeiten: 10 ... 1.000

Hoch: Kodierungsmöglichkeiten: > 1.000

Die kodierten magnetischen Verriegelungseinrichtungen erreichen wegen ihrer technologischen Beschränkung die mittlere oder hohe Kodierungsstufe nicht. Diese Stufen sind durch Verriegelungseinrichtungen mit RFID (*Radio Frequency Identification*)⁸-Betätigern erreichbar.

Der Einsatz von Verriegelungseinrichtungen mit hoher oder individueller Kodierungsstufe ist eine Möglichkeit, den Anforderungen der Norm EN ISO 14119:2013 zu entsprechen. Allerdings bietet die Norm auch den Einsatz anderer alternativer Systeme an, die zwar komplexer und somit schwieriger herzustellen sind, aber dennoch wirksam sind, da sie mehrere Kontrollvorgänge verlangen. Es wird darauf hingewiesen, dass nach eingehender Risikobewertung der Einsatz von zusätzlichen Maßnahmen angebracht ist, um ein erforderliches Sicherheitsniveau auch für Verriegelungseinrichtungen mit hoher Kodierungsstufe zu erreichen.



Abbildung 4: "Schlüsselsatz, der häufig für das missbräuchlichen Öffnen von Sicherheitsverriegelungen mit niedriger Kodierungsstufe verwendet wird"

8 Siehe Details im Anhang 1 bzgl. RFID Transponder.

Grundsätze von verriegelten trennenden Schutzvorrichtungen mit Zuhaltung

Unter verriegelten trennenden Schutzvorrichtungen mit Zuhaltung versteht man bewegliche trennende Schutzvorrichtungen mit einer Verriegelungseinrichtung und einer Zuhaltung. Sie können, zusammen mit dem Steuerungssystem der Maschine, folgende Funktionen ausführen:

- die gefährlichen "abgedeckten" Funktionen der trennenden Schutzvorrichtung können nicht aktiviert werden solange die Schutzvorrichtung nicht geschlossen und verriegelt ist und diese so lange geschlossen und verriegelt bleibt, bis die gefährliche Maschinenfunktion zum Stillstand gekommen ist;
- wenn die trennende Schutzvorrichtung geschlossen und zugehalten ist, können gefährliche Maschinenfunktionen durchgeführt werden, doch das Schließen und Zuhalten der trennenden Schutzvorrichtung darf nicht selbsttätig die gefährlichen Maschinenfunktionen auslösen (z.B. es muss eine Rückstell- und Neustarttaste vorgesehen werden).

Die Verriegelungseinrichtung kann durch eine mechanische Verriegelung (mit oder ohne manuelle Bedienung) gestaltet werden, aber auch durch ein elektromechanisches Element, das nach dem Ruhestromprinzip „Power-to-lock“ oder dem Arbeitsstromprinzip („Power-to-unlock“) betätigt wird.

Bei elektromagnetischen Verriegelungen, die ausschließlich mit dem Prinzip Power-to-lock arbeiten, wird im Falle eines Stromausfalls, die Schutzvorrichtung durch eine magnetisch generierte Verriegelungseinrichtung gelöst, die Zuhaltungsverriegelung wird entriegelt und somit der sofortige Zugang zum Gefahrenbereich freigegeben. Wenn eine zwangstrennende, d.h. nach dem Arbeitsstromprinzip funktionierende Verriegelung verwendet wird, würde ein Stromausfall die Maschine sofort zum Stillstand bringen, sofern keine unterbrechungsfreie Stromversorgung oder pneumatische/hydraulische Akkumulatoren vorhanden sind.

Das Prinzip *power to unlock* wird häufiger verwendet, wenn die Notwendigkeit besteht Personen vor solchen Gefahren zu schützen, die durch die Trägheit der gefahrbringenden Bewegungen entstehen.

Verriegelungseinrichtungen mit Zuhaltung kommen immer häufiger zum Einsatz.

Anwendungen, die fast ausschließlich zum Schutz der Personen dienen bzw. die Öffnung der Schutzvorrichtung nur nach Gefahrenausschluss innerhalb der Maschine/Anlage ermöglichen, agieren mit dem System *power to lock*. Heute wird bei der Auswahl der Verriegelungseinrichtung und dem entsprechenden Funktionsprinzip immer häufiger auch der Schutz der Maschine und somit der Produktion berücksichtigt.

Verriegelungseinrichtungen mit Zuhaltungen werden auch oft eingesetzt, um den Maschinenprozess durch Öffnen der Schutzvorrichtung nicht zu unterbrechen, um Schäden an der Maschine oder an der Produktion zu vermeiden bzw. einzuschränken.

Die Norm nennt zwei Möglichkeiten für die Gestaltung von Schutzvorrichtungen mit Zuhaltung.

Die erste Möglichkeit gestattet dem Bediener die trennende Schutzvorrichtung jederzeit zu entsperren, es handelt sich hierbei um die sogenannte **Entsperrung ohne Bedingung**. Beim Entsperrern erzeugt die Zuhaltung einen Stoppbefehl. Dieser Typ kann dort angewendet werden wo die Zeit, die benötigt wird, um die trennende Schutzvorrichtung zu entsperren länger ist als die Zeit, die benötigt wird, um die gefährliche Maschinenfunktion zu beenden.

Bei der zweiten Variante kann die Schutzvorrichtung nur entsperrt werden, wenn alle gefahrbringenden Maschinenfunktionen ausgeschlossen sind. Dies wird **Entsperrung mit Bedingung** genannt.

Die Norm weist darauf hin, dass eine Zuhaltung allen bei der Maschinenbenutzung vorgesehenen Belastungen wie Stöße, Zug- und Drehbelastungen, Fehlausrichtungen, Schwingungen, Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit, Staub und dynamischen Kräften, die durch Zurückprellen der Schutzvorrichtung auf die Verriegelungsrichtung verursacht werden, standhalten muss. Jede dieser Belastungen könnte den Bruch der Verriegelungseinrichtung verursachen und die Zuhaltung wäre unwirksam. Tatsächlich wird die Verriegelungseinrichtung im Normalfall mit einem Kontrollmelder gekoppelt, was die starke Wechselwirkung der beiden Funktionen, die oft von einem einzigen Betätiger bedient werden, verdeutlicht.

Die Norm bestimmt außerdem: *Sollten die Zuhalte- und Verriegelungsfunktion Teil derselben Einrichtung sein, darf das Sicherheitsniveau der Verriegelungsfunktion der trennenden Schutzvorrichtung nicht durch die Verriegelungsfunktion zum Schutz des Prozesses beeinträchtigt werden.*

Anforderungen an eine Sicherheitsverriegelung

Im Gegensatz zur Vorgängernorm EN ISO 1088:2007, wird diesem Thema und der Erläuterung des neuesten Stands der Technik viel Raum gegeben, insbesondere, weil auch die Verriegelungen mit elektromagnetischer Zuhaltung berücksichtigt werden. Bei dieser Verriegelungseinrichtung muss die Zuhaltekraft F überwacht werden und sie darf nur dann das Öffnen der Verriegelung zulassen, wenn die Zuhaltekraft den vom Hersteller der Verriegelungen angegebenen Parametern (**Fzh**) entspricht:

- *Die Zuhaltekraft muss überwacht werden, um feststellen zu können, ob der Sollwert erreicht und beibehalten wurde.*

- Die gefährlichen Maschinenfunktionen dürfen nur dann möglich sein, wenn die Überwachung die geschlossene Stellung der trennenden Schutzvorrichtung und das Erreichen der jeweiligen Zuhaltekraft erkennt.

Verriegelungen mit elektromagnetischer Verriegelung können ohne Beschädigung gewaltsam geöffnet werden. Somit müssen, im Falle einer vorhandenen Sicherheitsfunktion, sowohl Bewegungen oder gefährliche Situationen zum Stillstand gebracht werden, als auch die Möglichkeit eines Neustarts der Maschinenfunktionen nach einer variablen Zeitverzögerung gegeben sein. Vorgeschlagen wird ein Zeitraum zwischen einer und 10 Minuten, was den Zeitaufwand für die Reparatur einer gewaltsam geöffneten Verriegelung simuliert. Damit soll ein Anreiz für eine solche Umgehung ausgeschlossen werden.

Die Norm sieht zusätzliche Entsperrungsmöglichkeiten der Verriegelung vor, u.a. eine Fluchtentriegelung und eine Notentsperrung.

Wo der Zugang eines Bedieners zur Gefahrenzone mit dem Risiko verbunden ist, dort während der gefahrbringende Bewegung durch das Schließen der Schutztür eingesperrt zu werden, kann man das genannte Risiko verringern, indem man mit angemessenen Verfahren eingreift und dem Bediener die Möglichkeit gibt, sich mithilfe der o.g. Entriegelungsmöglichkeiten aus der Gefahrenzone zu begeben.

Die Funktion Fluchtentriegelung sollte, wenn vorgesehen, die absolute Priorität haben, da diese einen sofortigen Stopp-Befehl der gefährlichen Maschinenbewegungen erzeugt.

Holding force (Zuhaltekräfte) von Verriegelungseinrichtungen

Die Zuhaltekraft F ist die Kraft, die eine Schutzvorrichtung ohne Beschädigung widerstehen kann, somit den weiteren Gebrauch nicht gefährdet und die trennende Schutzvorrichtung in geschlossener Position bleibt.

Der Hersteller der Zuhaltung muss sicherstellen, dass die Zuhaltung in Zuhaltstellung mindestens der festgelegten Zuhaltekraft F standhält, wobei F kleiner oder gleich der Zuhaltekraft F_{zh} sein muss. Um die Zuhaltekraft F_{zh} zu bestimmen, muss der Hersteller eine Prüfung durchführen.

Die Norm bestimmt die Vorgehensweise der o.g. Prüfung und gibt detaillierte Anweisungen wie die Zuhaltung lt. Herstellerangabe, auf einem Sockel befestigt werden muss. Die höchste gemessene Kraft dieser Prüfung ist $F1_{max}$, von der man die F_{zh} ableitet, indem man den Sicherheitskoeffizienten von $S=1,3$ berücksichtigt.

$$F_{zh} = F1_{max} / S$$

Daher ist die Kraft F_{zh} die maximale Kraft, der die Zuhaltung widerstehen kann - minus eines Sicherheitskoeffizienten. Dieser Wert sollte in der Gebrauchsanleitung angegeben sein.

Jede trennende Schutzvorrichtung hat seine mechanische Struktur, sein Gewicht und Kräfte, die zu berücksichtigen sind. Zusätzlich müssen auch Umgebungsbedingungen wie Staub, Feuchtigkeit, Schwingungen, Stöße etc. in Betracht gezogen werden. Das Verriegelungssystem muss all diesen Situationen standhalten können, sowohl was seine innere mechanische Struktur betrifft als auch seine Position auf der Schutzvorrichtung.

Im Anhang I der Norm findet man eine Tabelle (1.1) mit den höchsten statischen Einwirkungskräften, die von einem Bediener in unterschiedlichen Situationen für die Öffnung der trennenden Schutzvorrichtung ausgeübt werden können – in Abhängigkeit von der Krafrichtung, der Körperhaltung des Bedieners und der Art und Weise der Kraftanwendung. Diese Werte sind nur Richtwerte, zu denen man sowohl mögliche Kräfte addieren muss, die durch die spezifische Anwendung wie z.B. Elastizitätseigenschaften der Schutzvorrichtung entstehen sowie dynamische Belastungen wie Stöße und Schwingungen als auch die Kräfte, die aus der Drehung der Schutzvorrichtung bei Anbringung außerhalb der Achse des Handgriffs resultieren.

(siehe Abbildung 5).

Der Anwender der Verriegelungseinrichtung muss die Krafteinwirkung auf die Einrichtung entsprechend berücksichtigen und Sorge tragen, dass diese die vom Hersteller angegebene Zuhaltekraft **F_{zh}** nicht übertrifft.

Der Hersteller von Verriegelungseinrichtungen muss in der technischen Dokumentation die Zuhaltekraft F_{zh} angeben, die auf der Grundlage eines Zerstörungstests zu Lasten des Herstellers berechnet werden muss.

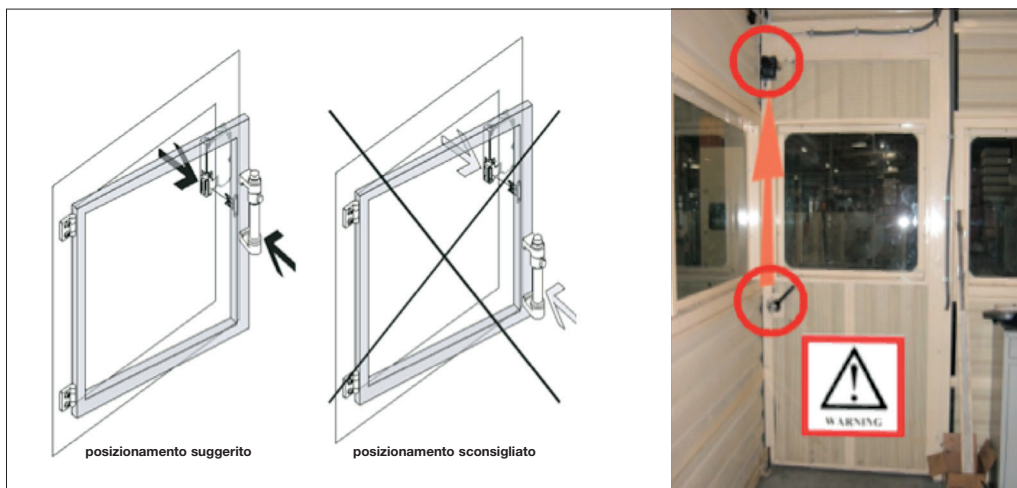

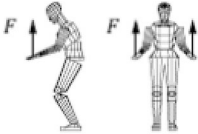
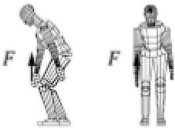
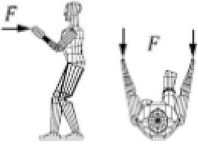
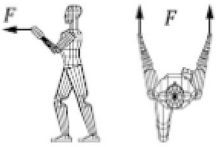
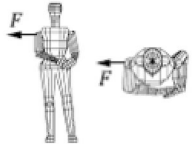
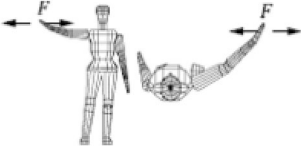


Abbildung 5: Installationsbeispiele von Verriegelungseinrichtungen mit Zuhaltung außerhalb der Achse des Handgriffs der Schutztüre

Tabelle 1 - Tabelle I.1 der Norm EN ISO 14119:2013 Beispiele für höchste statische Einwirkungskräfte

Direction of force	Posture	Force application	Force value N
	Horizontal pulling (dragging)	Sitting	Single handed 600
	Vertical upward	Standing, torso and legs bent, feet parallel	Bi-manual, horizontal grips 1400
	Vertical upward	Standing, free	Single-handed, horizontal grips 1200
	Horizontal, parallel to body symmetry plane backward Pull	Standing upright, feet parallel, or in step posture	Bi-manual, vertical grips 1100
	Horizontal, parallel to body symmetry plane forward Push	Standing, feet parallel, or in step posture	Bi-manual, vertical grips 1300
	Horizontal, normal to body symmetry plane body off	Standing, torso bent sideward	Shoulder pushing on metal plate on the side 1300
	Horizontal, normal to body symmetry plane	Standing, feet parallel	Single-handed, vertical grip 700

Defeating durch vernünftigerweise vorhersehbare fehlanwendung

Die auffälligste Neuheit, die in der Norm EN ISO 14119:2013 mit Blick auf die Minimierung der Defeatingmöglichkeiten auf vernünftige vorhersehbare Weise eingeführt wurde, steht schon in der Einleitung. Es wird gefordert, das mögliche **Eingreifen** der Verriegelungseinrichtung in den Maschinenbetrieb und anderen Lebensphasen der Maschine auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Damit sollten die **Anreize** zum Defeating reduziert werden und ebenso alle Tätigkeiten, die die Verriegelungseinrichtung außer Betrieb setzen oder umgehen. Die Verriegelungseinrichtung soll den Maschinenbetrieb erleichtern, vor allem während der Wartung (Anm. d. Verf. unfallträchtige Phase), während des Maschinenbetriebs ohne Betriebsstopp.

Die Norm EN ISO 14119:2013 stellt außerdem in einem Flussdiagramm (s. Abbildung 6) die verschiedenen Schritte dar, um die Möglichkeiten der Außerkraftsetzung durch vernünftigerweise vorhersehbare Aktionen auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Der erste Punkt betrifft die Durchführung der grundlegenden Maßnahmen, die von der Norm selbst genannt werden. Sie betreffen die Einrichtung und die Befestigung der Positionsschalter und der Betätiger, der Betätigungssysteme der Verriegelungseinrichtungen, grundlegende Maßnahmen zur Vermeidung der Außerkraftsetzung der elektromagnetischen Verriegelung sowie spezielle Anforderungen bei der Wahl der Zuhaltungen. Die Norm stellt zudem heraus, dass Verriegelungseinrichtungen der Bauart 3 (berührungslose Verriegelungseinrichtung mit nicht kodiertem Betätiger) nicht zum Einsatz kommen dürfen, wenn die Risikobewertung nicht ein vernünftigerweise vorhersehbares Umgehen ausschließen kann.

Anschließend verlangt die Norm eine Überprüfung, ob ein Anreiz zum vernünftigerweise vorhersehbaren Außerkraftsetzen besteht, mit dem Hinweis, bei Bedarf zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen. Im Anhang H bietet die Norm auch einen Leitfaden für die genannte Bewertung.

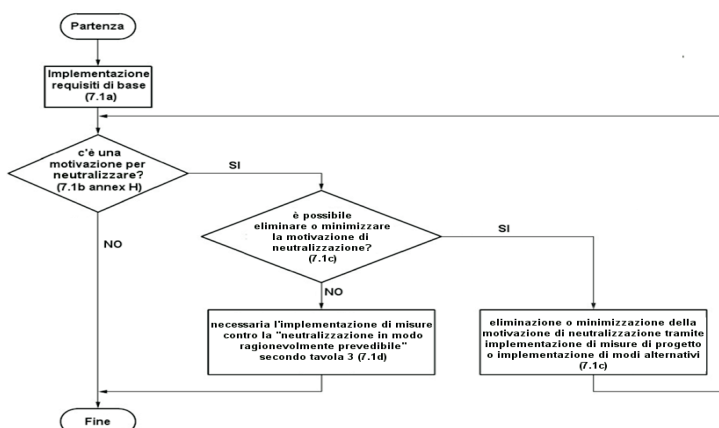


Abbildung 6: Abbildung 9 der Norm 14119:2013 Methodik zur Bestimmung der möglichen Anreize und der vom Hersteller durchzuführenden Maßnahmen

Die Anlage H "Anreize zum Umgehen einer Verriegelungseinrichtung" enthält eine Tabelle für die Bewertung dieser Anreize am Beispiel von automatischen Werkzeugmaschinen (*example for automatic machine tool*). Bei anderen Maschinentypen müssen die spezifischen Kenndaten der entsprechenden Maschine und der Produktion angepasst werden. Diese Bewertungsmethode geht von folgenden Voraussetzungen aus:

- Berücksichtigung aller bestimmungsgemäßen Betriebsarten und aller Schutzgeräte
- Jede persönliche Schutzausrüstung ist separat zu betrachten und für jede relevante Aufgabe wird der mit der Maschine vertrauten Person folgende Frage gestellt: "Welche Vorteile bietet das Umgehen der Schutzvorrichtung der Maschine?"

Eingeschränkte Betriebsbedingungen (z. B. reduzierte Geschwindigkeit, Befehlseinrichtungen mit selbsttätiger Rückstellung in Kombination mit einer Zustimmungseinrichtung, eingeschränkte Funktionsfähigkeit) bieten sowohl ein vermindertes Restrisiko als auch eine Art „Motivation zur Rückkehr“ in den Automatikbetrieb.

Defeating - zusätzliche massnahmen

Die Norm EN ISO 14119:2013 schlägt die nachfolgend abgebildete Tabelle 3 vor, in der die o.g. zusätzlichen Maßnahmen für die jeweiligen Bauarten der Verriegelungseinrichtungen, bei denen sie angewendet werden können (R=recommended) oder angewendet werden müssen (M=mandatory), angegeben sind. Es wird erneut darauf aufmerksam gemacht, dass die Angaben der Norm dem Stand der Technik entsprechen und dass die Konformitätsvermutung gilt, die vom Hersteller angewendet werden sollte, dies ist jedoch eine freiwillige Entscheidung des Herstellers.

Tabelle 2 - Tabelle 3 der Norm EN ISO 14119:2013 - Zusätzliche Maßnahmen gegen das Umgehen von Verriegelungseinrichtungen in Abhängigkeit von der Bauart

Table 3 — Additional measures against defeating interlocking devices depending on type

Principles and measures	Type 1 interlocking device, except hinged and Type 3 interlocking devices	Type 1 interlocking device, hinged only	Types 2 and 4 interlocking devices, low or medium level coded as given in 7.2.b) 1) or 7.2.b) 2) with or without electromagnetic guard locking	Types 2 and 4 interlocking devices, high level coded as given in 7.2.b) 3) with or without electromagnetic guard locking	Trapped key systems, medium or high level coded (see Note 2)
Mounting out of reach, see 7.2.a) 1)	X		X		
Physical obstruction/ Shielding, see 7.2.a) 2)					
Mounting in hidden position, see 7.2.a) 3)					
Status monitoring or cyclic testing, see 7.2.d) 1) i) and ii)					
Non-detachable fixing of position switch and actuator, see 7.2.c)		M			M
Non-detachable fixing of actuator, see 7.2.c)		M	M	M	M
Additional interlocking device and checking for plausibility, see 7.2.d) 2)	R		R		

X mandatory to apply at least one of the measures M mandatory measure R recommended measure (additionally).

NOTE 1 Table 2 is intended to be used for the selection of appropriate measures against defeating of interlocking devices. According to the risk assessment the application of more than one of the indicated measures can be necessary.

NOTE 2 If the number of trapped key devices used within one site is known, coded actuators can be used as a sufficient measure against reasonably foreseeable defeating under the following conditions:

- if the coding is marked on the device each interlocking device should have a different coding and
- the actuator should be medium or high level coded.

NOTE 3: There is a clear distinction between the coding level of actuator keys and the coding of "locking bolt or catch mechanisms" in a trapped key system. This table refers solely to the coding level of actuator keys.

NOTE 4 Measures in accordance with Table 3 provide minimum requirements.

Für Verriegelungseinrichtungen mit hoher Kodierung wurden zusätzliche unlösbare Befestigungsmaßnahmen für den Schalter und/oder Betätiger ausgearbeitet. Manchmal kann der einfache Zugriff auf einen Verbinder einen Anreiz zum Außerkraftsetzen darstellen und die Wahrscheinlichkeit, dass diese Möglichkeit genutzt wird, steht nicht im Einklang mit einer hohen Kodierungsstufe.

Die anzuwendenden Maßnahmen, die für das Verhindern des Defeatings empfohlen werden sind:

- Zustandsüberwachung (Plausibilitätstest), um eine ungewöhnliche Abfolge von Zuständen während des Maschinenzyklusses, die durch eine Außerkraftsetzung verursacht wurden, zu erkennen

- Einführung einer periodischen Prüfung: Aufforderung der Steuerung jede einzelne Verriegelung oder den Stoppbefehl zu betätigen, um deren Wirksamkeit vor dem Maschinenanlauf (Maschinenanlauf hängt vom positiven Ausgang des Tests ab) zu überprüfen. Mit diesem Test kann der Bediener eventuelle vom Wartungspersonal bediente und anschließend vergessene Betätiger der Verriegelungen oder durch Unfallschäden zerstörte Verriegelungen erkennen.
- Anbringen einer zusätzlichen Verriegelungseinrichtung (mit Kohärenzkontrolle der beiden Verriegelungen durch die Maschinensteuerung), deren Außerkraftsetzung nur durch eine zusätzliche Handlung möglich ist (z.B. separate Installation und Verdrahtung, verschiedene Betätigungsprinzipien).

Umwelteinflüsse bei der Auswahl einer Verriegelung

Die Norm weist darauf hin, dass die Einsatzbedingungen und die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine Einfluss auf die Auswahl der Verriegelungseinrichtung haben muss. Deshalb wurden auch einige *durch Felderfahrung gewonnenen* Betrachtungen in die Norm aufgenommen.

Zum Beispiel müssen Umwelteinflüsse wie Temperatur, Staub, Schwingungen und Stöße, Hygiene und elektromagnetische Einflüsse berücksichtigt werden. In Abbildung 7 wird eine Verriegelungseinrichtung mit getrennten Betätiger abgebildet, die so ungünstigen Umgebungsbedingungen ausgesetzt ist, dass Ihre Tauglichkeit in Frage gestellt werden muss. Insbesondere geht die Norm auf den Einfluss von Staub auf Verriegelungseinrichtungen der Bauart 2 ein, bei der der Betätiger in den Positionsschalter eingeführt wird und somit eine Öffnung aufweist, die das Eindringen von Staub ermöglicht. Man sollte nicht vergessen, dass sich die Schutzart IPXX nach IEC 60529:2013 ausschließlich auf das Gehäuse bezieht. Die Verschmutzung der mechanischen Teile kann zu einer Funktionsstörung des Mechanismus und einem gefährlichen Schaden bzw. Ausfall der Verriegelungseinrichtung führen.



Abbildung 7: Verriegelungseinrichtung, die ungünstigen Umwelteinflüssen ausgesetzt ist

Zusätzliche anforderungen an verriegelungseinrichtungen

Die elektromagnetische Verriegelung

Schon in der Norm EN ISO 1088 wurde darauf hingewiesen, dass Magnetschalter, die über keine Zwangsöffnung der Kontakte verfügen, besonders anfällig für Überspannungen und Überstrom sind. Sie müssen daher mit einer automatischen Überwachungseinheit verbunden sein, die den Stromfluss auf die Kontakte einschränkt und die Kohärenz zwischen der Umwandlung des NO-Kontaktes in Bezug auf NC kontrolliert (Unterschiede der notwendigen Konfiguration, um die Möglichkeit der Einzelfehlererkennung bei Überstrom zu verbessern).

Mit der neuen Klassifizierung, die die automatische Stellungsüberwachung als festen Bestandteil der Verriegelung sowie als Teil des Ausgangssystems betrachtet, liefert die Norm EN ISO 14119:2013 die Anforderungen für die Baugruppe Verriegelungseinrichtung - Ausgangssystem.

Das gleiche Integrationsprinzip der automatischen Überwachung der Verriegelung muss auf alle Sensoren und Verriegelungen der Bauarten 3 und 4 angewendet werden, mit Ausnahme von RFID-Sensoren und anderen Sensoren, deren Ausgangssystem im Betätigungsgehäuse integriert ist und deren Sicherheitsausgänge so diagnostiziert werden, dass eine Reihenschaltung ohne Herabstufung des Diagnosegrades möglich ist.

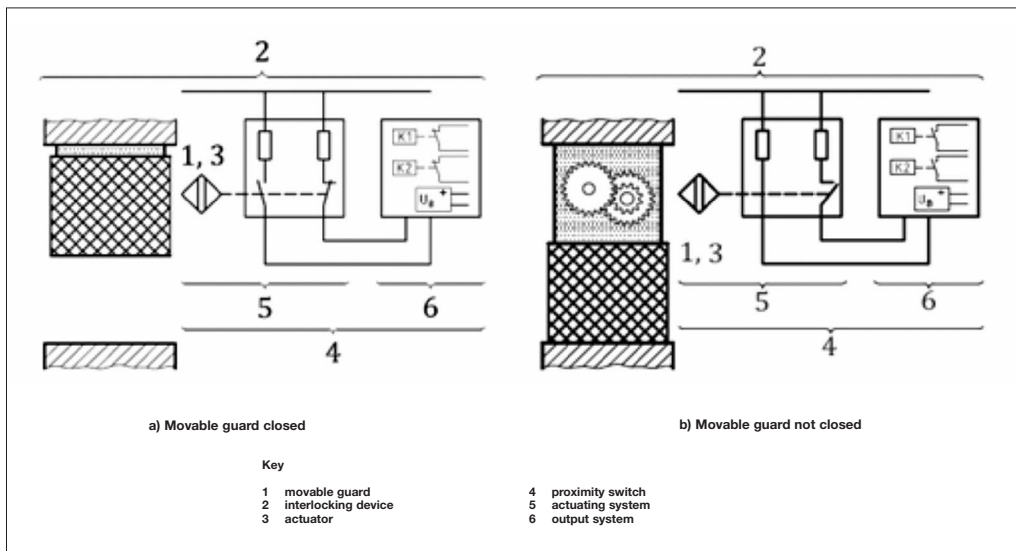
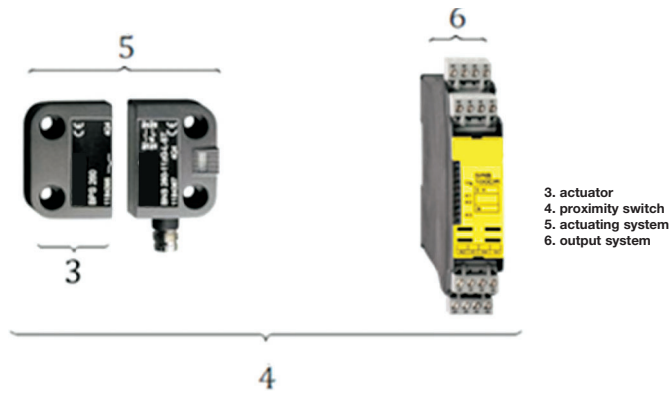


Abbildung 8: Abb. C.1 der Norm EN ISO 14119:2013 Verriegelungseinrichtung Bauart 3 mit Näherungsschalter betätigt durch einen unkodierten Betätiger

Beispiel des magnetischen Sensors Bauart 4 mit niedriger Kodierstufe



ODER

Beispiel für einen RFID-Sicherheitssensor Bauart 4 mit hoher Kodierstufe

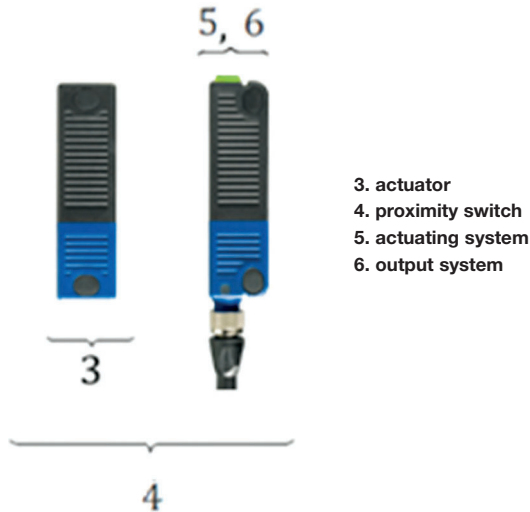


Abbildung 9: Beispiele für Sicherheitssensoren der Bauart 3 oder 4

Die Verriegelungseinrichtungen der Bauart 3 oder 4 müssen jedoch, um als einzelne Zuhaltung einer Schutzvorrichtung verwendet werden zu können, nicht nur den in der Norm EN ISO 14119:2013 vorgesehenen Anforderungen entsprechen. Sie müssen auch mit Sensoren ausgestattet sein, die die in der Norm IEC 60947-5-3⁹ vorgesehenen Anforderungen erfüllen.

Diese IEC-Norm sieht eine Klassifizierung der Sensoren entsprechend der Bauarten 3 und 4 und berücksichtigt insbesondere das Sicherheitsverhalten im Schadensfall vor. Nur wenn der verwendete Sensor der Norm IEC 60947-5-3 entspricht, kann die Verriegelung als Verriegelungseinrichtung verwendet werden. Sollte der Hersteller eines Sensors entscheiden, die Norm IEC 60947-5-3 nicht anzu-

9 IEC 60947-5-3 „Niederspannungsschaltgeräte Teil 5-3: Steuergeräte und Schaltelemente - Anforderungen für Näherungsschalter mit definiertem Verhalten unter Fehlerbedingungen“.

wenden oder sollte der neueste Stand der Technik keine geeignete Lösung bereitstellen, ist der Einsatz von diesem Sensor in Verriegelungseinrichtungen erlaubt. Allerdings muss ein redundantes System zum Einsatz kommen, das die gleiche oder eine andere Technologie nutzt. Beide müssen an eine Auswerteeinheit angeschlossen sein, die eine Kohärenzkontrolle zwischen den beiden Sensoren durchführt und zudem gegen Überstrom, Kurzschluss und Überlastung schützt. Die komplette Einheit muss vom Hersteller dieser Konfiguration als konform erklärt werden.

Fehlerbewertung

Die Norm macht klare Angaben zur Zuverlässigkeit der Verriegelungssysteme und ihrer Anwendbarkeit in Bezug auf das zu erreichende Performance Level. Sie geht von folgender Annahme aus, die sich als Stand der Technik darstellt. Wenn ein Schaden, der z.B. durch einen Kurzschluss in der Verdrahtung oder im Schaltschrank entstanden ist, auf nicht elektrische Ursachen zurückzuführen ist, wird er laut Stand der Technik leicht erkannt, da die meisten Konfigurationen redundante Stromkreise vorsehen. Wenn aber ein einzelnes Gerät mit mechanischer Betätigung verwendet wird, kann ein einzelner Fehler oder die Fehlersumme zu einer Gefahrensituation führen.

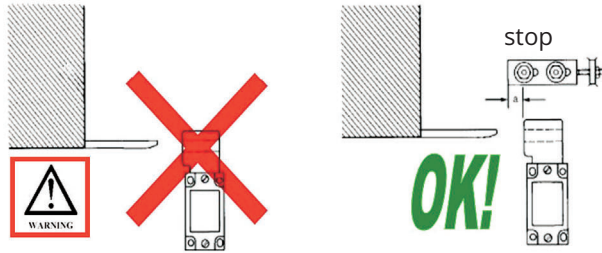
Diese Möglichkeit wird in Sicherheitssystemen, die ein erhöhtes Performance Level (PL "d" oder PL "e") erreichen müssen, nicht toleriert.

Das betrifft alle Verriegelungseinrichtungen mit mechanischen Betätigern wie Verriegelungseinrichtungen mit Hebel-, und Rollenbetätigern sowie getrennten Betätigern. Die Norm EN ISO 13849-1 verlangt bei diesen Verriegelungseinrichtungen entsprechende Performance Level, sodass Fehlerausschlüsse (fault exclusion – FE) durch wirksame und häufige regelmäßige Kontrollen oder automatische Überwachung durchgeführt werden. Bei der Bewertung von Ausfällen aufgrund gemeinsamer Ursache (CCF¹⁰, common cause failure) soll eine Mindestpunktzahl von 60 Punkten erreicht werden. Ist dies nicht gewährleistet, müssen Verriegelungseinrichtungen ohne mechanische Teile oder eine zweite Verriegelungseinrichtung für jede Schutzvorrichtung verwendet werden, um eine mechanische Redundanz in Übereinstimmung mit der sicheren Signalauswertung zu erreichen.

Typische Ursachen für den Ausfall von Positionsschaltern sind:

- a) Übermäßiger Verschleiß des Betätigungssystems (z. B. Stößel oder Rolle), das von der trennenden Schutzvorrichtung betätigt wird
- b) Fehlausrichtung zwischen Betätiger und Positionsschalter
- c) Klemmen des Betätigungssystems (Stößel), das die Rückstellung durch die Feder unmöglich macht
- d) Stöße

10 Punkt 3.1.6 der Norm EN ISO 13849-1 CCF: Ausfälle verschiedener Einheiten aufgrund eines einzelnen Ereignisses, wobei diese Ausfälle nicht auf gegenseitiger Ursache beruhen. [IEC 60050-191-am1:1999, 04-23].
BEMERKUNG: Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache sollten nicht mit gleichartigen Ausfällen verwechselt werden. (siehe ISO 12100-1:2003, 3.34).



Empfehlung: Ein mechanischer Anschlag verhindert Stöße der Schutzvorrichtung auf die Verriegelung und verhindert somit mögliche Schäden oder gefährliche Brüche



Abbildung 10: Versehentlicher Bruch: Verriegelung mit getrenntem Betätiger, die durch wiederholte Stöße aufgrund einer Fehlausrichtung zwischen Betätiger und Betätigungssystem beschädigt wurde

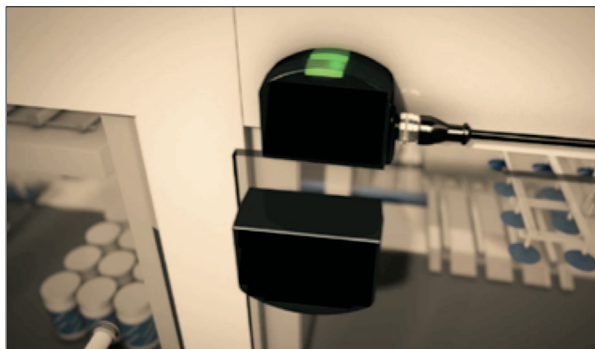


Abbildung 11: Verriegelung der Bauart 4 mit hoher Kodierungsstufe und RFID-Technologie

Vermeidung von ausfällen aufgrund gemeinsamer ursache

Die Norm macht Angaben zur Vermeidung von Ausfällen aufgrund gemeinsamer Ursache (CCF) und empfiehlt, eher die Bauarten der verwendeten Verriegelungseinrichtungen¹¹ zu diversifizieren als redundant auszuführen.

Wenn zwei mechanisch betätigte Positionsschalter mit mechanisch zwangsläufiger und nicht zwangsläufiger Betätigung oder ein mechanisch (positiv) und ein nicht mechanisch (nicht positiv) betätigter Positionsschalter verwendet werden, kann dieses Subsystem gemäß der Norm EN ISO 13849-1 einen Wert von 20 für die Bewertung der Ausfälle gemeinsamer Ursache (CCF) beanspruchen.

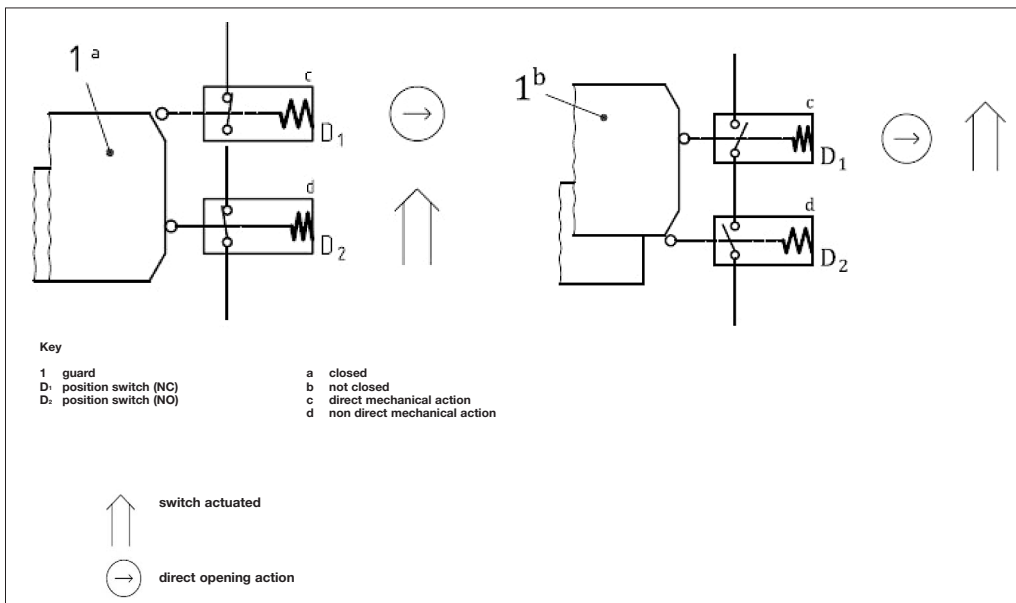


Abbildung 12: Abb.12 der Norm EN ISO 14119:2013: Vermeidung von Ausfällen gemeinsamer Ursache von zwei mechanisch betätigten Positionsschaltern durch mechanisch zwangsläufige und nicht zwangsläufige Betätigung

Ein Wert von 20 für die Bewertung der CCF kann auch durch zwei unabhängige Verriegelungseinrichtungen für eine trennende Schutzvorrichtung erreicht werden, wobei jede von ihnen die Energieversorgung aus einer andersartigen Quelle unterbricht.

Beispiel: Eine Maschine verwendet einen hydraulischen Antrieb, um die notwendigen Kräfte für den Produktionsprozess aufzubringen, während die Maschinensteue-

¹¹ In den Anlagen der Norm EN ISO 14119:2013 werden die einzelnen Bauarten von Verriegelungseinrichtungen behandelt, mit ausführlicher Beschreibung ihrer Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten.

rung elektrisch/elektronisch angetrieben wird. Das Öffnen einer beweglichen verriegelnden Schutzvorrichtung betätigt zwei unabhängige Positionsschalter. Der erste Positionsschalter betreibt direkt ein hydraulisches Ventil, das den Hydraulikdruck unterbricht; der zweite Positionsschalter unterbricht die Steuerspannung, die ein weiteres Ventil betreibt. Beide Ventile bringen eine gefahrbringende Bewegung zum Stoppen. Durch die Verwendung von unterschiedlichen Technologien sind Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache, die einen gefährlichen Ausfall beider Positionsschalter bewirken, höchst unwahrscheinlich.

Mögliche Fehlerausschlüsse müssen für die Mechanik und Elektronik unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen und der zu erwartenden äußeren Einflüsse separat untersucht werden.

Es sollte außerdem eine fachgerechte Auswahl der Schutzvorrichtung erfolgen, um sicherzustellen, dass die Zuhaltkraft der Zuhaltung ausreicht, um den auf die Sperrmittel (z. B. Bolzen) wirkenden statischen Kräften standzuhalten und um auf den Verriegelungsbolzen wirkende Scherkräfte durch Prellen der beweglichen trennenden Schutzvorrichtung zu vermeiden. In diesem Fall begrenzt ein Fehlerabschluss des Sperrmittels nicht zwingend den PL oder SIL der Zuhaltfunktion.

Fehlermaskierung

Ein weit verbreiteter Ansatz in der Konstruktion von Sicherheitsstromkreisen ist die Reihenschaltung von Verriegelungseinrichtungen mit potentialfreien Kontakten wie z.B. Verriegelungseinrichtungen, die mit einer logischen Reihenschaltung verbunden sind und somit die Erkennung der kompletten Sicherheitsfunktion durchführen.

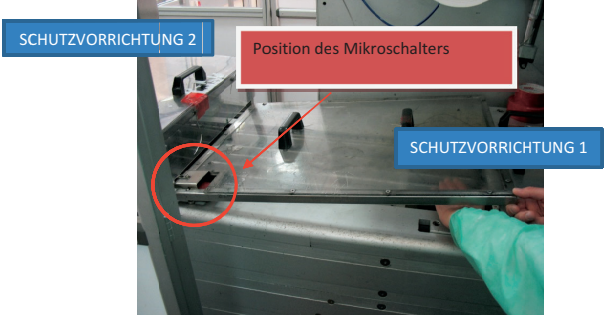

Selbst wenn bei diesen Anwendungen in den meisten Fällen ein einzelner Defekt die Sicherheitsfunktion nicht beeinträchtigt und von der logischen Reihenschaltung erkannt wird, können in der Praxis jedoch einige Probleme auftauchen: wenn Verriegelungseinrichtungen mit redundanten Kontakten in Reihe geschaltet sind, kann die Erkennung eines Einzelfehlers durch eine beliebige intakte Verriegelungseinrichtung, die in Reihe geschaltet ist, „verdeckt“ werden (durch jeweiliges Öffnen/Schließen der Schutzvorrichtung)

Ein Leitfaden für die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler und der maximale Diagnosedegrad DC^{12} für Positionsschalter maskiert werden wird in der **Standardnorm ISO/TR 24119 Maschinensicherheit veröffentlicht. Bewertung der Fehlermaskierung durch Reihenschaltung von Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit Zuhaltungen mit möglichen freien Kontakten**, die am 15. Dezember erstmals veröffentlicht wurde.

¹² Safety of machinery – Evaluation of fault masking serial connection of interlocking devices associated with guards with potential free contacts.

Fallstudie

Die vorliegende Fallstudie zielt darauf ab, den von der Norm EN ISO 14119:2013 erarbeiteten Ansatz mit besonderem Hinweis auf die vernünftigerweise vorhersehbare Umgehung von Verriegelungseinrichtungen hervorzuheben, um den bekannten und häufigsten Unfällen vorzubeugen.

<p>Gerät:</p>	<p>Anlage zur Herstellung von Blisterpackungen aus thermoplastischen Material</p>
<p>Vom Unfall betroffener Bereich:</p>	<p>Bereich zwischen Thermoformmaschine und Drucker: Zugangsmöglichkeit zum Gefahrenbereich der Maschine trotz Einsatz einer Verriegelungseinrichtung mit Zuhaltung - Mikroschalters mit getrenntem Betätiger (Sicherheitsschlüssel)</p>
	
<p>Abbildung 53: Öffnungsmanöver der Schutzvorrichtung 1 ohne gleichzeitiges Öffnen der Schutzvorrichtung 2</p>	
<p>Die komplette Öffnung der Schutzvorrichtung 1 ist geometrisch von der vorherigen Öffnung der Schutzvorrichtung 2 abhängig. Die Öffnung der Schutzvorrichtung 2 sperrte die Maschinenfunktion.</p>	
	
<p>Abbildung 14: Verriegelte Zuhaltungsposition zwischen Thermoformmaschine und Drucker</p>	
<p>Unfallhergan:</p>	<p>Die Schutzvorrichtung aus Plexiglas, die zum Schutz der beweglichen Elemente der Thermoformmaschine installiert wurde, kann leicht vom Bediener umgangen werden. Obwohl die Schutzvorrichtung in Verbindung mit einer Zuhaltung mit zwangsläufiger Betätigung¹³, steht, war es jederzeit möglich, die Schutzvorrichtung, teilweise mithilfe des Handgriffs, anzuheben und die gefährbringenden beweglichen Teile der Maschine zu erreichen, ohne dass die Zuhaltung dies verhindern könnte. Da es sich um einen Fall von vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung handelt, betrifft dies direkt die Grundsätze der Integration der Sicherheit (grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen RES 1.1.12c v. 81/2008).</p>

13 Zwangsläufige Betätigung bzw. Bewegung eines mechanischen Bauteils, das entweder durch direkten Kontakt oder durch feststehende Elemente verursacht wird.

Erkannte Probleme	Anforderungen nach EN ISO 14119:2013	Mögliche Lösungen
Montage der Verriegelung an ungeeigneter Position	Die Verriegelungseinrichtungen müssen gemäß den Herstellerangaben ausreichend robust installiert werden und die Bewegung, die von einem mechanischen Betätiger ausgelöst wird, darf die angegebenen Betriebswerte nicht überschreiten um einen ordnungsgemäßen Betrieb sicherzustellen.	Aufgrund des falschen Einbaus führte der Betätiger im untersuchten Fall nicht den ordnungsgemäßen Betriebsweg der Verriegelungseinrichtung durch. v.a. in dem Moment, in dem die Schutzvorrichtung, auf der die Zuhaltung eingebaut wurde, geöffnet wird.
Reduzierung der Möglichkeiten des Außerkräftsetzens durch Gestaltung	Die Verriegelungseinrichtung darf nur so wenig Einfluss wie möglich auf den Betrieb und andere Lebensphasen der Maschine haben, um mögliche Anreize zum Außerkräftsetzen zu reduzieren. Es ist daher notwendig, den Maschinenbetrieb v.a. während Wartungs- und Betriebsarbeiten so wenig wie möglich zu stören.	Im untersuchten Fall wurde die Verriegelung umgangen, um die normale Maschinenfunktion nach einem Störfall wiederherzustellen. Um das blockierte Teil zu befreien, hat der Bediener den Weg des geringsten Widerstands wie in Abb. 13 dargestellt bevorzugt, anstatt die Maschine durch das Öffnen der verriegelten Zuhaltungen anzuhalten.
	Um ein vernünftigerweise vorsehbares Außerkräftsetzen einer Verriegelungseinrichtung zu vermeiden, weist die Norm auf die Notwendigkeit hin, dass sich die vom mechanischen Betätiger ausgelöste Bewegung oder der Raum zwischen Betätigungssystem und dem Näherungsschalter innerhalb des jeweiligen Betriebsbereichs des Positionsschalters befindet.	In vorliegenden Fall wurde beim Öffnen der Schutzvorrichtung der Betätiger der Schutzvorrichtung 1 nicht benutzt.
	Es ist zu überprüfen, ob Gründe bestehen, die sich als Anreize zum vernünftigerweise vorsehbaren Umgehen der Verriegelungseinrichtung darstellen.	Die Position der Verriegelungseinrichtung stellte somit ein Anreiz zur vernünftigerweise vorhersehbaren ¹⁴ Außerkräftsetzung desselben dar. Die eingetretene Bedingung wird eindeutig durch die Anwendung der Tabelle H.2 der Norm EN ISO 14119:2013 "Beispiele einer Abschätzung der Anreize zum Umgehen von Verriegelungseinrichtungen" auf den vorliegenden Fall dargestellt.

14 Zwangsläufige Betätigung bzw. Bewegung eines mechanischen Bauteils, das entweder durch direkten Kontakt oder durch feststehende Elemente verursacht wird.

Tabella 3 - Fallstudie - Anwendung der im Anhang H der Norm EN 14119:2013 vorgeschlagenen Tabelle: Abschätzung der Anreize zum Umgehen von Verriegelungseinrichtungen¹⁵



Tätigkeit	Automatisch	Für diese Betriebsarten zulässige Aufgaben?	Aufgabe ohne Umgehen möglich?	Leichter/ bequemer	Schnellere/ höhere Produktivität	Flexibilität, z.B. bei größeren Werkstücken
Inbetriebnahme						
Programmtest/Teslauf,						
Aufstellung/Einstellung/Umbau/Rüsten						
Manuelles Eingreifen zum Entfernen von Spänen	✔	JA, nur nach Einsatz der Schutzvorrichtungen	JA	✔	✔	
Manueller Werkstück-wechsel						
Manuelles Eingreifen bei Fehlerbeseitigung						
Prüfung/Zufallsprobenahme						
Manuelles Eingreifen bei Messung/Fein-einstellung						
...						
...						

¹⁵ Freie Übersetzung des Verfassers.



Höhere Präzision	Bessere Sichtbarkeit	Bessere Hörbarkeit	Geringere körperliche Anstrengung	Kleinerer Arbeitsweg	Größere Bewegungsfreiheit	Besserer Bewegungsfluss	Vermeidung von Unterbrechungen
			✓	✓			✓

Literaturverzeichnis

- [1] GvD Nr. 106 v. 3 August 2009, Umsetzung des Artikels 1 des Gesetzes Nr. 123 vom 3 August 2007, in Sachen Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit am Arbeitsplatz
- [2] EN ISO 13855:2010, Sicherheit von Maschinen - Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen
- [3] EN ISO 14119:2013, Sicherheit von Maschinen - Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen - Leitsätze für Gestaltung und Auswahl
- [4] EN ISO 1088:1998+A1:2007, Sicherheit von Maschinen - Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen - Leitsätze für Gestaltung und Auswahl
- [5] EN ISO 13849-1:2015, Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
- [6] IEC 62061:2005, + A1:2012 + A2:2015 Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme
- [7] EN ISO 12100:2010, Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung
- [8] GvD 17/10 Umsetzung der Richtlinie 2006/42/EG, in Bezug auf Maschinen und Änderung der Richtlinie 95/16/EG in Bezug auf Aufzüge.
- [9] EN ISO 14120:2015, Sicherheit von Maschinen - Trennende Schutzeinrichtungen – Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen
- [10] CEI IEC 60947-5-3, - 2013, Niederspannungsschaltgeräte – Teil 5-3: Steuergeräte und Schaltelemente - Anforderungen für Näherungsschalter mit definiertem Verhalten unter Fehlerbedingungen (PDF)
- [11] CEI IEC 60529:2013 Schutzarten durch Gehäuse

Anhang 1

Die RFID-Technologie (Radio-Frequency Identification)

Ein RFID-System besteht aus zwei Hauptbestandteilen: dem TAG und dem READER.

Der „**TAG**“ oder Radiofrequenz-Transponder ist winzig. Er besteht aus einem Mikrochip mit einfachen Steuerlogikfunktionen und Speicherkapazität, ist mit einer Antenne verbunden und entweder in einen Behälter eingesetzt oder in einem Papieretikett, einer Smart Card, einem Schlüssel oder einem sogenannten „smartlabel“ eingeschlossen.

Diese Technologie ist zum Beispiel im Textilhandel weit verbreitet, sowohl als Identtechnik als auch zur Diebstahlsicherung. Die Besonderheit dieser Etiketten besteht u.a. darin, dass der interne Speicher des Tags direkt und ausschließlich von Schreib-/Leseeinheiten versorgt und unzählige Male überschrieben werden kann. Die Ident-Etiketten können auf allen Arten von Verpackungen und Behältern angebracht werden (Pappkartons, Glasflaschen, Plastiktüten).

Der Transponder ermöglicht die berührungslose Datenübertragung auf kurzer Distanz. Die im Speicher enthaltenen Daten des Transponders sind auf einen eindeutigen Identifikationscode beschränkt. TAG oder Transponder können passiv oder aktiv sein.

Passive Transponder sind relativ klein und kostengünstig, da sie aus einer Antenne bestehen, von der sie mit ausreichend Energie versorgt werden, um ausgelöst zu werden, das Lesegerät **READER** zu erkennen und seinen vorab gespeicherten Code zu übermitteln. Begrenzt werden die Einsatzmöglichkeiten der passiven Transponder durch die kurze Reichweite von maximal zwei Meter.

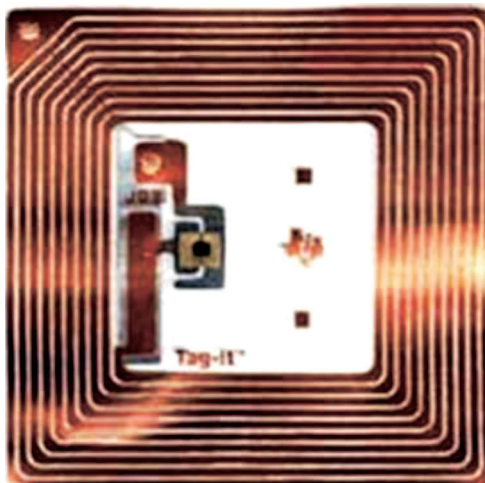


Abbildung 65: Beispiel eines passiven TAG

Aktive Transponder hingegen, die ihre eigene Batterie und somit Energiequelle haben, sind größer und können größere Datenmengen über mehreren hundert Meter übertragen.

Das Lesegerät, der **“READER”**, ist ein von einem Mikroprozessor gesteuertes Empfangsgerät und wird zum Schreiben, Abfragen und Empfangen der Informationen verwendet, die von einem Transponder übermittelt werden.

Das Lesegerät (je nach Antennenart auch “interrogator” oder “controller” genannt) ermöglicht das Auslesen der im Transponder enthaltenen Informationen. Es handelt sich um ein regelrechtes Funkgerät mit einer Steuerung, das oftmals in Netzverbindung mit Informatiksystemen steht, um die vom Transponder übertragenen Identifikationsinformationen auslesen zu können.

Diese Informationen bestehen, besonders bei passiven Transpondern, aus einfachen Codes, die allerdings eindeutig und immer lesbar sind, im Gegensatz zu Barcodes, die in perfektem Zustand für das Strichcode-Lesegerät sein müssen, da sie bei Beschädigung nicht mehr lesbar sind. Da man so Zugriff auf ein Informatiksystem hat und einen eindeutigen Code als Schlüssel, kann man detaillierte Informationen (die in der Zwischenzeit auch aktualisiert werden können) eines bestimmten mit dem Transponder verbundenen Gegenstandes abfragen.

Die Lesegeräte verwenden unterschiedliche Frequenzbereiche und Standard. Für aktive Transponder bestehen bisher nur wenige spezifische Standards. Lesegeräte für passive (und halbpasive) Transponder hingegen müssen besondere Radiofrequenzsignale ausstrahlen um auch den Transponder mit der für die Antwort notwendigen Energie zu versorgen.

Die meistgenutzten Frequenzbereiche der RFID-Technologie sind:

- LF (LowFrequencies) 120÷145 kHz. Ursprünglicher Frequenzbereich, der auch noch heute oft benutzt wird;
- HF (High Frequencies) 13,56 MHz. Weltweit meistgenutzter Frequenzbereich;
- UHF (Ultra High Frequencies) 865 ÷ 950 MHz. Dies ist die “neue Bandbreite” für RFID in Logistik-Anwendungen;
- UHF Hochfrequenzbereich: 2,4 GHz.

Eine besondere Art von Radiofrequenz-Transponder sind berührungslose elektronischen Mikrochipkarten mit Sensor.

RFID-Transponder werden hauptsächlich in der Logistikkette zur Identifizierung von Gegenständen und Verpackungseinheiten (Kartons, Paletten, Container) verwendet. In neuester Zeit hat die Technologie auch massiven Einzug im industriellen Bereich gefunden, v.a. an der Mensch-Maschine-Schnittstelle und hier besonders bei Verriegelungseinrichtungen.

Verriegelungseinrichtungen, die kodierte RFID-Transponder verwenden, stellen eine optimale Lösung für Umgebungen dar, die durch Staub, Reinigung und Fehlansichtungen beeinträchtigt werden, da sie berührungslos und ohne mechanische Betätiger arbeiten.

Die Systeme müssen mit einem relativ kleinen Lesegerät auskommen, das normalerweise mit einem kleinen Verbinder angeschlossen ist, der somit ohne Schwierigkeiten in Schutzvorrichtungen eingebaut werden kann, die den Zugang zu den gefahrbringenden Zonen der Maschine ermöglichen. Normalerweise wird auf der festen Struktur ein „reader“ montiert, auf der zu öffnenden Schutzvorrichtung hingegen der Transponder, der in etwa die gleiche Größe des Lesegeräts hat, allerdings auch sehr viel kleiner sein kann.

Bei der ersten Einspeisung des Lesegeräts wird diesem ein zufallsbedingter Code übermittelt, der ihn mit dem zugeordneten Transponder (bei geschlossener Schutzvorrichtung) verbindet. Der Transponder, der direkt vom Lesegerät mit Strom versorgt wird, speichert diesen Code ab. Die Elektronik des Transponders gibt die Ausgänge nur dann frei, wenn der ursprünglich eingespeiste Code eingelesen wird (geschlossene Schutzvorrichtung: Transponder vor dem Lesegerät). Bei einigen Einrichtungen besteht auch die Möglichkeit des Umprogrammierens des Transponders, sollte dieser ersetzt werden müssen.

Anhang 2

Markteinführung und Inbetriebnahme einer Verriegelungseinrichtung

Verriegelungseinrichtungen mit oder ohne Zuhaltung können wie folgt in verschiedene Klassen aufgeteilt werden.:

- Teile des Steuerungssystems (s. EN ISO 13849-1) **oder** ausschließlich mechanische, hydraulische, pneumatische oder elektromechanische Geräte, die als Verriegelungseinheiten (aufgeteilt in Betätiger, Betätigungssystem, Ausgangssystem, Sperrbefehl und Sperrfunktion) verwendet werden, um so die Zuverlässigkeit (jedes einzelnen Elementes) für die PL-Konformität gemäß EN ISO 13849-1 zu bewerten. In dieser besonderen Situation haben die beiden Normen, EN ISO 14119 und EN ISO 13849-1 eine starke Wechselwirkung. Sie liefern "ergänzende" Anforderungen für Verriegelungseinrichtungen, bzw. die Norm EN ISO 14119:2013 liefert Angaben bzgl. Auswahl, Bewertung und Einbau in Bezug auf Anwendung, Zuhalkraft, Umgebungsbedingungen und Positionierung. Die Norm EN ISO 13849-1 befasst sich mit der Mission-Time, dem Diagnosedeckungsgrad und der Konfiguration der Verriegelungseinrichtung.
- Element eines sicheren Steuerungssystems, das von der Norm IEC 62061:2005 "Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme" beschrieben wird. Diese Norm korrespondiert in weit geringerem Maße mit der Norm EN ISO 14119:2013, verliert jedoch sicherlich nicht an Wichtigkeit bei der Bewertung von Verriegelungseinrichtungen der neuesten Generation, die oftmals als komplette vollständig garantierte "safety function" (Eingang – Logik – Ausgang) betrachtet und vom Hersteller selbst zertifiziert werden. In diesem Fall kann man davon absehen, die Verriegelungseinrichtung in verschiedene Elemente zu zerlegen, um die Zuverlässigkeit zu bewerten, da der Hersteller der Verriegelungseinrichtung dies schon erledigt hat (einschließlich der Software). Im Allgemeinen werden diese Verriegelungseinrichtung in PL „e“ oder SIL „3“ eingestuft und gewährleisten die Sicherheit für den bestimmten Anwendungsfall (Kat. 4).

In der bisher gültigen Richtlinie 98/37/CE musste der Hersteller von Sicherheitseinrichtungen, d.h. auch von Verriegelungen mit oder ohne Zuhaltung, eine EU-konforme Erklärung entsprechend Anhang IIC abgeben, doch das Produkt selbst musste kein CE-Kennzeichen aufweisen, unabhängig vom angewendeten Konformitätsbewertungsverfahren. In der Richtlinie 2006/42/CE jedoch sind die Sicherheitskomponenten¹⁶ Teil der Definition "Maschine" und die Hersteller müs-

19 c) «Sicherheitsbauteil»: Bauteil:

- 1) dient der Gewährleistung einer Sicherheitsfunktion;
- 2) wird gesondert auf den Markt gebracht;
- 3) dessen Ausfall oder Fehlfunktion gefährdet die Sicherheit von Personen;
- 4) ist nicht für das Funktionieren der Maschine erforderlich oder kann für das Funktionieren der Maschine durch übliche Bauteile ersetzt werden.

sen somit die gleichen Konformitätsbewertungsverfahren durchlaufen. Außerdem muss die EU-Konformitätserklärung entsprechend Anhang IIA der Komponente beigefügt werden und mit der CE-Kennzeichnung gemäß der Richtlinie 2006/42/EG versehen sein.

Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass der Anwendungsbereich der letztgenannten Richtlinie nur solche Sicherheitskomponenten betrifft, die gesondert auf den Markt gebracht werden. Sollten die Komponenten in eine vom gleichen Hersteller konstruierten Maschine eingebaut werden, unterliegen sie keinem Markteinführungsverfahren, da die Richtlinienkonformität durch die Markteinführung und die Inbetriebnahme der Maschine gewährleistet ist.

Aus dem gleichen Grund sind auch die Sicherheitskomponenten, die der Hersteller als Ersatzteile zum Einbau in die von ihm auf den Markt gebrachte Maschine bestimmt hat, nicht von der Maschinenrichtlinie geregelt. Sie unterliegen also keinem Markteinführungsverfahren und benötigen daher auch keine CE-Konformitätserklärung oder CE-Kennzeichnung. Letztere ist allerdings dann notwendig, wenn die Ersatzteile nicht vom Originalhersteller der Maschine geliefert werden. Auch die Richtlinie 98/37/CE folgte diesem Ansatz.

