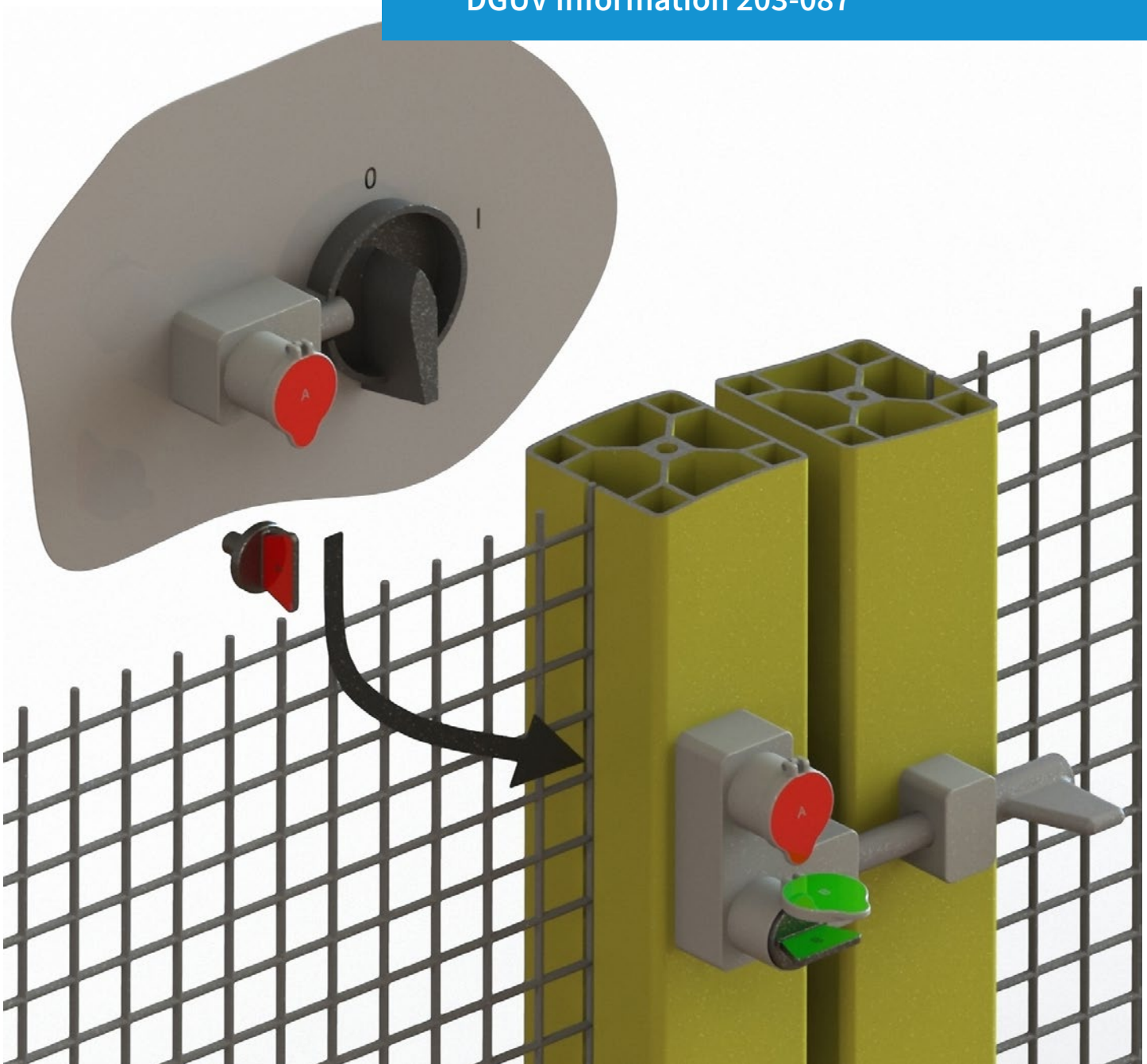
DGUV
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Spitzenverband

Vorschriften- und Regelwerk

Auswahl und Anbringung von Schlüsseltransfersystemen

DGUV Information 203-087



Impressum

Herausgegeben von:	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) Glinkastraße 40 10117 Berlin Telefon: 030 13001-0 (Zentrale) E-Mail: info@dguv.de Internet: www.dguv.de Sachgebiet Elektrotechnik und Feinmechanik, Fachbereich Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse der DGUV.
Ausgabe:	September 2026
Satz und Layout:	Satzweiss.com Print Web Software GmbH, Saarbrücken
Bildnachweis:	MIT License © 2020 Phosphor Icons Titelbild, Abb. 2, 5b, 7a, 8b, 13b, 17a, 18a, 24, 31, 34b, 34c, 35b, 35c, 36b, 36c, 37b, 37c, 38b–d, 39b I, 39b II: © Haake Technik GmbH; Abb. 1, 25–29, 33, 34a, 35a, 36a, 37a, 38a, 39a, 42: © BG ETEM; Abb. 3a, 5a, 8a, 12b, 13a, 16b, 19: © UK GM; Abb. 3b, 6b, 7b, 10b, 18b: © K.A. Schmersal GmbH&Co. KG; Abb. 4a, 9a, 11a, 14a, 15a, 20, 21, 30: © E. Dold & Söhne GmbH & Co. KG; Abb. 4b, 10a, 12a, 15b, 16a, 23, 40, 41: © Fortress Interlocks Ltd.; Abb. 6a, 9b, 11b, 14b, 17b, 22, 32: © Rockwell Automation GmbH;
Copyright:	Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.
Bezug:	Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter www.dguv.de/publikationen › Webcode: p203087

Auswahl und Anbringung von Schlüsseltransfersystemen

Änderungen zur letzten Ausgabe Oktober 2017:

- Anpassung der Begriffe und deren Definitionen, sowie Detailanforderungen an die überarbeitete Norm für Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen (DIN EN ISO 14119: 2025), die erstmalig den Bereich der Schlüsseltransfersysteme neben den klassischen Verriegelungssystemen behandelt.
- Vergleich der Reglungen für das Inverkehrbringen nach derzeitiger EG-Maschinen-Richtlinie mit den zukünftigen Regelungen nach EU-Maschinen-Verordnung.

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung ... **5**

1 Anwendungsbereich ... **8**

2 Begriffe ... **9**

3 Bauarten und Funktionsweisen ... **12**

3.1 Allgemeines ... 12

3.2 Mechanische Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5 ... 15

3.3 Elektromechanische/Elektronische Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5 ... 17

3.4 Schlüsseltransfer-Ventilschlösser ... 21

3.5 Beispiele von Schlüsseltransfersystemen ... 22

4 Kriterien für die Auswahl von Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5 eines Systems ... **29**

4.1 Allgemeines ... 29

4.2 Lastenheft für die Realisierung der Sicherheitsfunktion ... 30

5 Auswahlverfahren ... **31**

6 Anbringung ... **32**

6.1 Allgemeines ... 32

6.2 Anordnung und Zugänglichkeit ... 32

6.3 Sicherung gegen Lageänderung ... 32

6.4 Schutz gegen Beschädigung ... 33

6.5 Umgehen ... 35

7 Informationen ... **39**

7.1 Betriebsanleitung ... 39

7.2 Schlüssellaufplan ... 40

7.3 Kennzeichnung ... 43

7.4 Konformitätserklärung ... 43

7.5 Konfiguration von Schlüsseltransfer-systemen durch den Maschinenhersteller ... 43

8 Funktionsprüfungen ... **44**

8.1 Systemprüfung durch den Maschinen-hersteller ... 44

8.2 Systemprüfung durch den Betreiber ... 44

9 Änderungen/Ergänzungen des Schlüsseltransfersystems ... **46**

10 Anwendungsbeispiele ... **47**

11 Lockout/Tagout (LOTO) ... **54**

Anhang Zusatzinformationen ... **55**

A Umgebungsbedingungen ... 55

B Organisation ... 56

C Beispiel für die Ermittlung eines Performance Levels am Beispiel einer sicherheitsrelevanten Funktion ... 57

Literaturverzeichnis ... **59**

Vorbemerkung

Diese DGUV Information soll Betreibern, Konstrukteuren und Konstrukteurinnen von Maschinen- und Anlagen, einen Überblick über Aufbau und Funktion von Schlüsseltransfersystemen, sowie deren Auswahl geben. Darüber hinaus werden Informationen zur Anordnung, Anbringung und zum Schutz vor Umgehen gegeben.

Die grundlegenden Anforderungen für Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen, die in der DIN EN ISO 14119 gegeben werden, sollen in Bezug auf Schlüsseltransfersysteme, durch diese Broschüre erläutert werden.

Anwendungsbeispiele, Informationen zur Kennzeichnung, zu den wiederkehrenden Prüfungen, als auch zur Betriebsanleitung, runden diese Broschüre als praxisnahes Dokument ab.

„Was ist ein Schlüsseltransfersystem und wofür wird es eingesetzt?“

Ein Schlüsseltransfersystem ist eine mechanische, elektrische oder anders technologische Einrichtung, die den Zweck hat, die Ausführung von gefahrbringenden Maschinenfunktionen unter festgelegten Bedingungen zu verhindern.

Hierbei sind der zwangsläufige Schlüsseltransfer zwischen den Komponenten (Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5) und ein zwangsläufiges Sperren einzelner Komponenten für die Realisierung der Sicherheitsfunktion entscheidend.

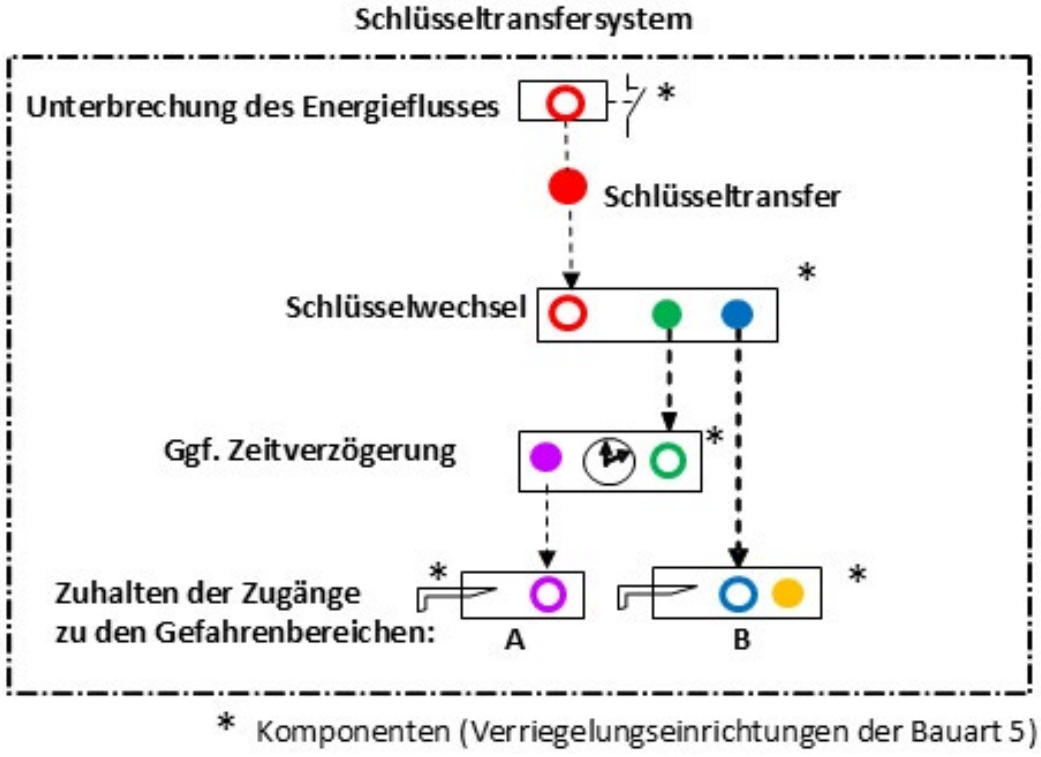
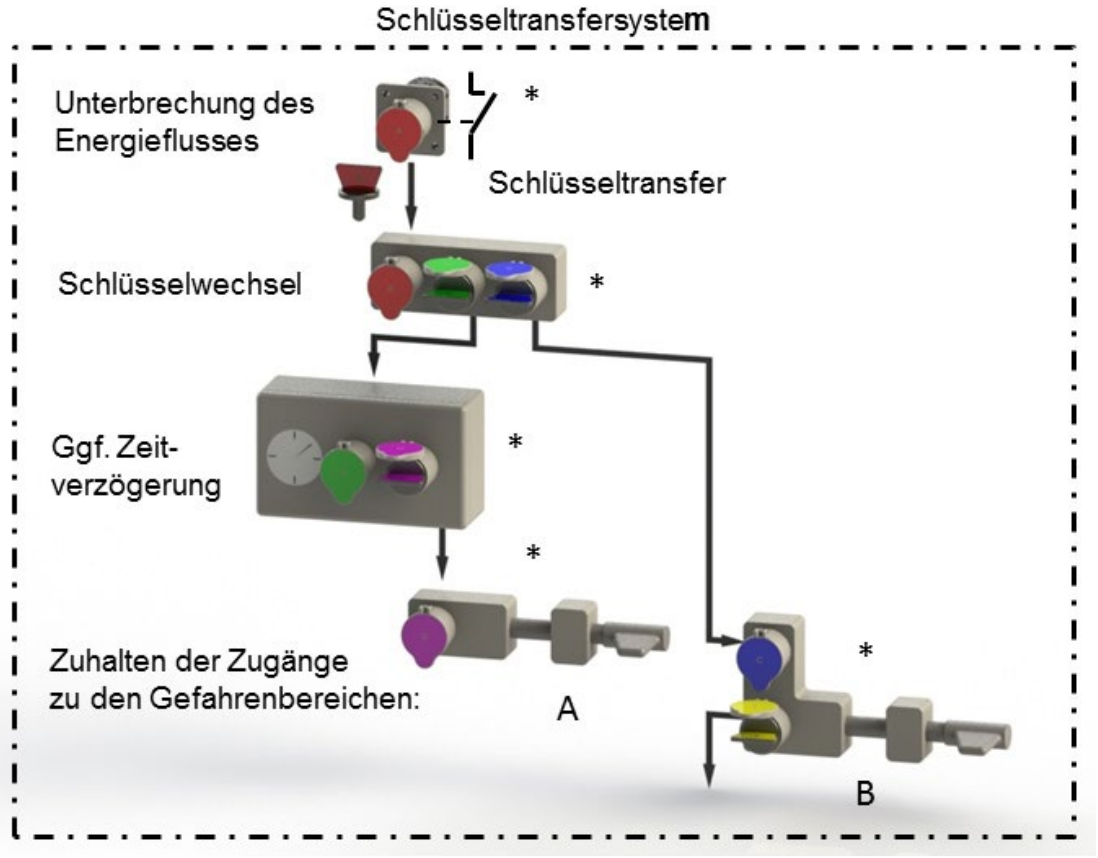


Abb. 1 Beispiel 1 für die Darstellung eines Schlüsseltransfersystems



* Komponenten (Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5)

Abb. 2 Beispiel 2 für die Darstellung eines Schlüsseltransfersystems

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen beispielhafte Darstellungen eines Schlüsseltransfersystems, wobei die verschiedenen Schlüsselkodierungen und zugehörigen Schlösser farblich dargestellt sind.

Schlüsseltransfersysteme eignen sich dazu, den Zugang in Gefahrbereiche oder die Betätigung von Stellteilen nur zuzulassen, wenn vorher bestimmte Abläufe/Zustände (z. B. Trennen der Energiezufuhr zu gefahrbringenden Bewegungen) vollzogen wurden. Ebenfalls wird mit Schlüsseltransfersystemen die Voraussetzung geschaffen, um z. B. einen Start der Maschine/Anlage oder die Betätigung von Stellteilen erst zu ermöglichen, wenn das gesamte Sicherheitskonzept wieder wirksam ist.

Jede einzelne Komponente (Verriegelungseinrichtung der Bauart 5) eines Schlüsseltransfersystems ist für sich betrachtet ein Sicherheitsbauteil sowohl nach EU-Maschinenverordnung (2023/1230), als auch nach EG-Maschinenrichtlinie (2006/42/EG), wenn sie gesondert in den Verkehr gebracht wird.

Derzeit existieren keine harmonisierten Normen, die die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für Schlüsseltransfersysteme allumfänglich beschreiben.

Im aktuellen Leitfaden zur EG-Maschinenrichtlinie sind im § 388, Nr.: 21 Anforderungen an Logikeinheiten für Sicherheitsfunktionen definiert. Die Tabelle in § 418 zeigt welche Sicherheitsbauteile als Logikeinheiten, die eine Sicherheitsfunktion sicherstellen, angesehen werden.

Entsprechend dieser Tabelle werden Schlüsseltransfersysteme in zwei Gruppen eingeteilt. Mit Bezug auf diese Einteilung werden die Konformitätsbewertungsverfahren wie folgt beschrieben.

Bis zum 19. Januar 2027 ist für das Inverkehrbringen von Schlüsseltransfersystemen mit integrierten komplexen logischen Merkmalen eines der beiden Konformitätsbewertungsverfahren, entsprechend EG-Maschinenrichtlinie (2006/42/EG), Artikel 12 (4) vorgeschrieben. Für Schlüsseltransfersysteme ohne diese integrierten komplexen logischen Merkmale, bzw. rein mechanische Systeme ohne integrierte Sicherheitsüberwachung gilt dazu Artikel 12 (2).

Übertragen auf die EU-Maschinenverordnung (2023/1230) würde ab dem 20. Januar 2027 für Schlüsseltransfersysteme mit den im oberen Abschnitt genannten Merkmalen eines der Konformitätsbewertungsverfahren nach Artikel 25 (3), b, c, d gelten. Daneben gilt für Schlüsseltransfersysteme ohne diese Merkmale, bzw. rein mechanische Systeme ohne integrierte Sicherheitsüberwachung das Verfahren gemäß Artikel 25 (4) nach EU-Maschinenverordnung (2023/1230).

Historische Entwicklung

Der Grundstein wurde im frühen letzten Jahrhundert gelegt, als die Industrialisierung in Europa bereits verstärkt Einzug gehalten hatte. Die komplexer werdenden technologischen Abläufe, verbunden mit den daraus entstehenden Gefahren, machten Überlegungen zu effektiven und vom Anwender oder der Anwenderin einfach zu handhabenden Absicherungsmechanismen notwendig. Das erste patentierte Schlüsseltransfersystem aus den 1920er Jahren beruhte schon damals auf dem Prinzip des zwangsläufigen Funktionsablaufs mit Hilfe von robusten mechanischen Komponenten. Die sich daraus ergebenden besonderen Eigenschaften kennzeichnen noch heute Schlüsseltransfersysteme. Durch technologieübergreifende Weiterentwicklungen mit vielfältigen Zusatzfunktionen, werden Schlüsseltransfersysteme, für die verschiedensten Anwendungen, parallel zu den bekannten Verriegelungseinrichtungen, wie den elektromechanischen Positionsschaltern oder elektromechanischen Zuhaltungen, eingesetzt.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende DGUV Information gilt für Schlüsseltransfersysteme unterschiedlicher Technologien (z. B. mechanisch, elektrisch, elektromechanisch, pneumatisch, hydraulisch), unabhängig vom Einsatzbereich.

Sie enthält Hinweise für den Aufbau, die Auswahl, Anbringung und Funktionsprüfungen von Schlüsseltransfersystemen und gibt einen Überblick über deren Komponenten (Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5).

Wenn Produktnormen für Maschinen und Anlagen (C-Normen) für die Auswahl und Anbringung von Schlüsseltransfersystemen abweichende Anforderungen enthalten, so sind diese vorrangig zu berücksichtigen.

Weiterhin gibt die DGUV Information Hinweise auf ergänzende Systeme, wie Verschlusseinrichtungen zum Schutz vor Wiedereinschalten (Lockout /Tagout-Systeme).

> *Diese DGUV Information kann angewendet werden, wenn im Ergebnis der Risiko-/Gefährdungsbeurteilung für eine Maschine oder Anlage Schlüsseltransfersysteme und Lockout/ Tagout-Systeme eingesetzt werden sollen.*

2 Begriffe

Die nachfolgenden Begriffe wurden aus Abschnitt 3 der DIN EN ISO 14119 übernommen. Begriffe, die in der DIN EN ISO 14119 nicht definiert sind, wurden nach dem Anwendungsbereich dieser DGUV Information eigenständig definiert. Wo nötig wurden erläuternde Anmerkungen eingefügt.

Schlüsseltransfersystem *(Trapped-key interlocking system)*
System, das (eine) Sicherheitsfunktion(en) oder einen Teil der Sicherheitsfunktion(en) erfüllt und mindestens zwei verschiedene Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5 umfasst, die durch den Transfer eines Schlüssels zusammenarbeiten.

System *(System)*
Ein System besteht aus mindestens zwei Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5 (z. B. Schlüsselschalter und einer Zugangssperre).

Verriegelungseinrichtung der Bauart 5 *(Type 5 interlocking device)*
Verriegelungseinrichtung mit Schlüsseltransfer, die durch Sperren oder Freigabe eines Schlüssels oder mehrerer Schlüssel in einem bestimmten Schlüsseltransfersystem eine Funktion erfüllt.

Anmerkung Der normative Begriff „Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5“ bezeichnet Komponenten des Schlüsseltransfersystems, z. B. Schlüsselschalter, Schlüsselwechselstation. Zur besseren Lesbarkeit dieser Information wird der Normbegriff im weiteren Textverlauf durch den Begriff „Komponente“ ersetzt.

Zugangssperre *(Access lock)*
Verriegelungseinrichtung mit Schlüsseltransfer, die dafür vorgesehen ist, eine trennende Schutzeinrichtung in Schlüsseltransfersystemen in der geschlossenen Stellung zu halten (im Englischen: to lock) und die über den Schlüsseltransfer mit der Steuerung verbunden ist.

Anmerkung Zugangssperren können auch dafür verwendet werden, andere Objekte als trennende Schutzeinrichtungen in der geschlossenen Position zu halten, z. B. Trennschalter, Ventile oder Schranken.

Schlüsselschalter *(Key-operated switch)*
Schlüsselschalter als Teil von Schlüsseltransfersystemen.
Verriegelungseinrichtung mit Schlüsseltransfer, die einen Schalter umfasst, der ausschließlich mittels eines Schlüssels betätigt werden kann.

Magnet-Schlüsselschalter *(Key-operated solenoid-controlled switch)*
Magnet-Schlüsselschalter als Teil von Schlüsseltransfersystemen.

Verriegelungseinrichtung mit Schlüsseltransfer, die einen Schlüsselschalter umfasst, der durch die Betätigung eines Magneten mechanisch gesperrt werden kann.

Schlüssel *(Key)*
Der Schlüssel ist das Element, durch das gleichkodierte Schlösser betätigt werden können.

Persönlicher Schlüssel *(Personnel key)*
Schlüssel, der von einer Verriegelungseinrichtung mit Schlüsseltransfer freigegeben und von einer Person mitgeführt wird, um eine Gefährdungssituation (z. B. einen unerwarteten Anlauf) zu verhindern.

Schlüsselwechselstation *(Key exchange device)*

Verriegelungseinrichtung mit Schlüsseltransfer, bei der durch das Einstecken eines oder mehrerer Schlüssel(s) ein oder mehrere Schlüssel mit einer anderen Kodierung freigegeben wird/werden, und der/die eingesteckte(n) Schlüssel gesperrt wird/werden.

Betätiger *(Actuator)*
Separates Teil einer Verriegelungseinrichtung, das den Zustand der trennenden Schutzeinrichtung (geschlossen oder nicht geschlossen) an das Betätigungssystem überträgt.

Beispiel: Ein an der trennenden Schutzeinrichtung befestigter Nocken, eine geformte Zunge, ein Reflektor, ein Magnet, ein RFID-Transponder.

Anmerkung Ein in einem Schlüsseltransfersystem verwendeter Schlüssel wird nicht von dieser Definition abgedeckt.

Zeitverzögerte Schlüsselfreigabe *(Timed delay key release)*
Verriegelungseinrichtung mit Schlüsseltransfer, die einen Schlüssel freigibt, nachdem eine vorher festgelegte Zeitspanne verstrichen ist.

Bolzenschloss *(Bolt lock)*
Verriegelungseinrichtung mit Schlüsseltransfer, welche einen Bolzen ausfährt, um ein Objekt zu sperren.

Beispiel:
Bolzenschlösser können verwendet werden, um z. B. Lasttrennschalter, Ventile oder Schiebetüren zu sperren.

Schlüsseltransfer-Ventilschloss *(Trapped key valve lock)*
Verriegelungseinrichtung mit Schlüsseltransfer, die verwendet wird, um ein Ventil in der offenen Stellung zu halten [in geöffneter Stellung gesperrt (LO, en: locked open)], in geschlossener Stellung zu halten [in geschlossener Stellung gesperrt (LC, en: locked closed)] oder durch verschiedene Schlüssel in beiden Stellungen zu halten.

Hybride Verriegelungseinrichtung der Bauart 5 *(Hybrid type 5 interlocking device)*
Eine Komponente eines Schlüsseltransfersystems, die unterschiedliche Technologien enthält (z. B. mechanisch/elektrisch/elektronisch/pneumatisch/hydraulisch).

Stillstandsüberwachungseinrichtung *(Stopped motion device)*
Einrichtung, die der Freigabe eines oder mehrerer kodierter Schlüssel nach Erreichen des Stillstandes einer gefahrbringenden Bewegung dient.

Schlüssellaufplan *(Key transfer plan)*
Zeichnung, Schema oder Diagramm, die/das das Schlüsseltransfersystem zusammen mit dessen einzelnen Komponenten (Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5) und die Abfolge(n), in der/denen diese zu betätigen sind, darstellt.

Umgehen (Umgehen auf eine vernünftigerweise vorhersehbare Art)
(Defeat in a reasonably foreseeable manner)
Vernünftigerweise vorhersehbare, entweder von Hand oder durch Benutzung leicht verfügbarer Gegenstände, vorgenommene Handlung, durch die Verriegelungseinrichtungen außer Betrieb

gesetzt oder umgangen werden, so dass eine Maschine nicht wie vom Konstrukteur, bzw. der Konstrukteurin vorgesehen oder ohne die notwendigen Schutzmaßnahmen verwendet wird.

Anmerkung 1 Diese Definition schließt das Entfernen von Komponenten (Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5) mithilfe von Werkzeugen, die für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Maschine erforderlich oder leicht verfügbar sind (Schraubendreher, Schraubenschlüssel, Sechskantschlüssel, Zangen), ein.

Anmerkung 2 Leicht verfügbare Gegenstände für ersatzweise Betätigung schließen Schrauben, Nadeln und Blechstücke, Gegenstände des täglichen Gebrauchs, wie Schlüssel, Münzen, Klebeband, Bindfaden und Draht, sowie unkontrollierte „Ersatz- und Generalschlüssel" für einzelne Komponenten (Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5) und „Ersatzbetätiger" ein.

Generalschlüssel *(Master key)*
Schlüssel, der mehrere Schlösser verschiedener Kodierung betätigen kann.

Schlüsselkodierung *(Key code)*
Speziell gestalteter Schlüssel (technologieunabhängig), zur Betätigung zugehöriger Komponenten (Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5).

Schlüssel-/Schlosskennzeichnung *(Key inscription)*
Spezielle Kennzeichnung zur Zuordnung von Schlüssel und Schloss.

Sicherheitsfunktion *(Safety function)*
Funktion einer Maschine, wobei ein Ausfall dieser Funktion zur unmittelbaren Erhöhung des Risikos (der Risiken) führen kann. (DIN EN ISO 12100: 2011-03, Abs. 3.30)

Notentsperrung einer Zugangssperre *(Emergency release of an access lock)*
Manuelle Entsperrung der Zugangssperre im Notfall ohne Hilfsmittel von außerhalb des geschützten Bereichs.

Fluchtentriegelung einer Zugangssperre *(Escape release of an access lock)*
Manuelle Entsperrung der Zugangssperre ohne Hilfsmittel von innerhalb des geschützten Bereichs, um den Bereich zu verlassen.

Hilfsentriegelung einer Zugangssperre *(Auxilliary release of an access lock)*
Manuelle Entsperrung der Zugangspserre mithilfe eines Werkzeugs oder eines Schlüssels von außerhalb des geschützten Bereichs im Falle ihres Versagens oder bei fehlender Energieversorgung.

3 Bauarten und Funktionsweisen

3.1 Allgemeines

Mit einem Schlüsseltransfersystem wird durch den Transfer von Schlüsseln ein festgelegter Ablauf sichergestellt.

Dieser Ablauf mit allen Funktionen wird in einem Schlüssellaufplan schematisch dargestellt.

Hauptanwendungsgebiete für Schlüsseltransfersysteme sind trennende Schutzeinrichtungen, Schaltanlagen und Ventile. Andere Anwendungen sind denkbar. Diese Systeme können einfach oder komplex sein.

Ein Schlüsseltransfersystem wird aus einzelnen Komponenten zusammengestellt.

Diese können üblicherweise aus verschiedenen Technologien bestehen (rein mechanisch, elektromechanisch, elektrisch, elektronisch, fluidtechnisch). Auch eine Kombination unterschiedlicher Technologien ist möglich (Hybrid).

Typischerweise wird ein kodierter Schlüssel von einer Abschalteinrichtung (z. B. Bolzenschloss, Schlüsselschalter) zu einer Zugangssperre an einer Schutzeinrichtung bewegt. Abschalteinrichtung und Zugangssperre sind hier einzelne, unterschiedliche Komponenten. Der Schlüssel stellt die Verbindung zwischen diesen beiden Komponenten her.

Schlüsseltransfersysteme können auch mit unterschiedlichen Schlüsselbauformen ausgestattet sein. Z. B. Steck- oder Drehschlüssel. Kombinationen beider Formen mit entsprechenden Übergangskomponenten sind ebenfalls möglich.

Durch individuelle Kodierung der Schlüssel wird der gewünschte Ablauf sichergestellt. Versehentliches Vertauschen oder Umgehen auf einfache Weise werden dadurch verhindert.

Um dies zu gewährleisten, muss sichergestellt werden, dass innerhalb eines Schlüsseltransfersystems keine Schlüssel gleicher Kodierung in unterschiedlichen Ebenen vorhanden sind, durch die der vorgesehene Ablauf umgangen werden kann. Weiterhin dürfen eventuell vorhandene Generalschlüssel nicht frei zugänglich sein.

Die Verwaltung der Schlüsselkodierungen pro Firma, Werk bzw. Organisation erfolgt durch den Hersteller des Schlüsseltransfersystems in Abstimmung mit dem Maschinenhersteller und dem Betreiber der Maschine.

Man unterscheidet monofunktionale und multifunktionale bzw. modulare Komponenten innerhalb eines Schlüsseltransfersystems.

Monofunktionale Verriegelungseinrichtung der Bauart 5

Diese Komponente erfüllt eine einzelne Funktion (z. B. Zugangssperre, Schlüsselschalter).

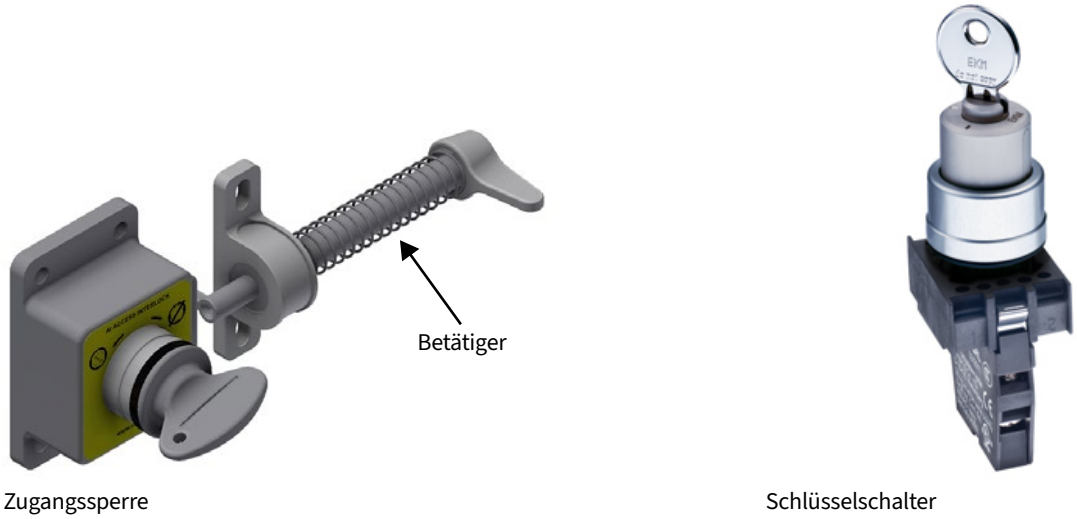


Abb. 3 Monofunktionale Verriegelungseinrichtung der Bauart 5

Multifunktionale Verriegelungseinrichtung der Bauart 5

Diese Komponente erfüllt mehrere Funktionen

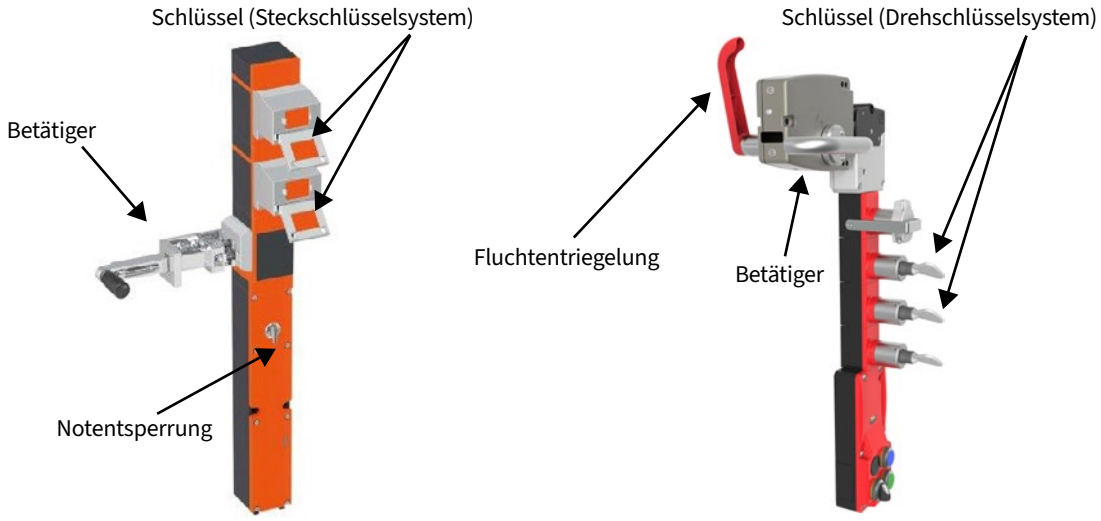


Abb. 4 Zugangssperre mit Notentsperrung bzw. Fluchtentriegelung und Schlüsselwechselstation

Technologische Merkmale

Schlüsseltransfersysteme lassen sich mit Komponenten unterschiedlicher Technologien gestalten. Um eine bessere Übersicht zu erhalten, werden in diesem Dokument Schlüsseltransfersysteme in folgenden Gruppen betrachtet:

A. Mechanische Schlüsseltransfersysteme

B. Elektromechanische Schlüsseltransfersysteme

C. Hybride Schlüsseltransfersysteme

A. Mechanische Schlüsseltransfersysteme
Diese Systeme bestehen ausschließlich aus mechanischen Komponenten.
Sie sind so ausgewählt und angeordnet, dass durch den festgelegten Schlüsseltransfer (Logik) die sicherheitsrelevante Funktion des Schlüsseltransfersystems gewährleistet ist.
Mögliche Komponenten zur Unterbrechung des Energieflusses (z. B. Ventile, Schalter), die an der Maschine vorhanden sind, sind nicht Bestandteil des mechanischen Schlüsseltransfersystems, müssen jedoch in die Gesamtsicherheitsbetrachtung der Maschine mit einbezogen werden.
Diese Systeme sind charakterisiert durch die Komponenten: Bolzenschloss, ggf. Schlüsselwechselstation, Zeitverzögerte Schlüsselfreigabe und Zugangssperre.
(siehe Abschnitt 10, Beispiel 1)

B. Elektromechanische Schlüsseltransfersysteme
Diese Systeme bestehen mindestens aus einer mechanischen und einer elektromechanischen Komponente.
Das einfachste System kann beispielsweise aus einem Schlüsselschalter (elektromechanische Komponente) und einer Zugangssperre (mechanische Komponente) bestehen. Die sicherheitsrelevante Funktion wird durch den festgelegten Schlüsseltransfer (Logik) zwischen den mechanischen und elektromechanischen Komponenten realisiert.
Zusätzlich können in einem solchen System weitere mechanische, als auch elektromechanische/elektronische Komponenten (z. B. Zeitverzögerte Schlüsselfreigabe, Stillstandsüberwachung, Magnet-Schlüsselschalter) enthalten sein. Die sicherheitsrelevante Funktion wird durch den festgelegten Schlüsseltransfer (Logik) zwischen diesen einzelnen Komponenten und der möglichen Zusatzfunktionen dieser Komponenten realisiert.
Sicherheitsrelevante Komponenten (z. B. Stillstandsüberwachung, Schaltgeräte), die an der Maschine vorhanden aber nicht Bestandteil des Schlüsseltransfersystems sind, müssen in die Gesamtsicherheitsbetrachtung der Maschine mit einbezogen werden.
(siehe z. B. Abschnitt 3.5, Abb. 18–22)

C. Hybride Schlüsseltransfersysteme
Hybride Schlüsseltransfersysteme bestehen aus Komponenten unterschiedlicher Technologien (z. B. Zugangssperren mit elektrischer Freigabe und Überwachung, siehe Abb.15). Funktionen wie sie üblicherweise bekannt sind von Positionsschaltern oder elektromechanischen Zuhaltungen können in einer Komponente integriert sein.
Die sicherheitsrelevante Funktion wird durch den festgelegten Schlüsseltransfer (Logik) zwischen diesen einzelnen Komponenten und den möglichen Zusatzfunktionen der Komponenten realisiert.

Sicherheitsrelevante Komponenten (z. B. Stillstandsüberwachung, Schaltgeräte), die an der Maschine vorhanden aber nicht Bestandteil des Schlüsseltransfersystems sind, müssen in die Gesamtsicherheitsbetrachtung der Maschine mit einbezogen werden.
Diese Gruppe stellt das komplexeste Schlüsseltransfersystem dar.
(siehe z. B. Abschnitt 3.5, Abb. 21)

Besondere Eigenschaften von Schlüsseltransfersystemen sind:

- Hohe Sicherheit durch individuelle Kodierung.
- Nur festgelegte, sicherheitstechnisch einwandfreie Abfolgen sind möglich.
- Das irrtümliche Öffnen einer beweglichen trennenden Schutzeinrichtung wird auf Grund der immer vorhandenen mechanischen Zuhaltung verhindert.
- Einfache Möglichkeit zur sicheren Freigabe von besonderen Arbeitsmodi, z. B. Einrichtbetrieb (Teachmode), siehe Abschnitt 10, Beispiel 4.
- Zwangsläufige Zeitverzögerung und somit Ausgleich von geringen Nachlaufzeiten durch Schlüsseltransfer. Größere Transferzeiten können durch zusätzliche Verzögerungseinrichtungen erreicht werden.
- Einsatz unter rauen Umweltbedingungen möglich (z. B. Staub, extreme Temperaturen, Nässe, Ex-Bereiche, Elektromagnetische Felder).
- Je nach Ausführung keine Verdrahtung nötig.
- Verwendungsmöglichkeit mit persönlichen Schlüsseln

3.2 Mechanische Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5

Diese Komponenten sind z. B.:

- **Bolzenschloss** *(Bolt lock)*
  Ein Riegel/Bolzen, der durch Betätigung des Schlüssels bewegt wird, kann zum Blockieren von Hauptschaltern, Ventilen, trennende Schutzeinrichtungen, etc. verwendet werden.

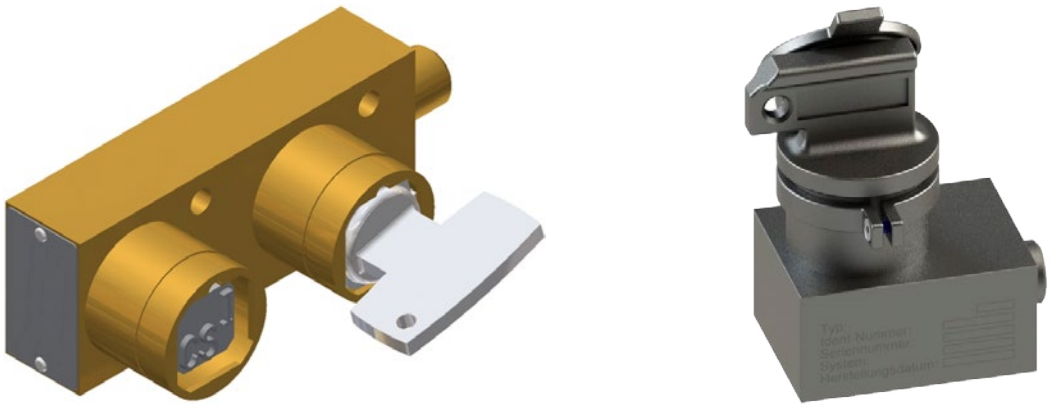


Abb. 5 Bolzenschloss

Bei Verwendung des Bolzenschlosses muss sichergestellt sein, dass ein Ausfahren des Schließbolzens ins Leere verhindert ist.

- **Schlüsselwechselstation** *(Key exchange device)*
  In diese Komponente werden ein oder mehrere kodierte Schlüssel eingesteckt, um einen oder mehrere anders kodierte Schlüssel entnehmen zu können. Somit lassen sich sicherheitsrelevante Funktionen, die einen zwangsweisen Ablauf erfordern, realisieren.



Abb. 6 Schlüsselwechselstation

- **Zugangssperre** *(Access lock)*
  Mechanische Einheit für die Überwachung der geschlossenen Position und Zuhaltung von Türen, Klappen usw.
  Mit dem zugehörigen Schlüssel kann ein Betätigungselement (Zunge, Riegel, Türgriff etc.) aus der Einheit entfernt werden. Sobald das Betätigungselement entfernt ist, bleibt der Schüssel gesperrt und kann nicht entfernt werden.
  Sind Gefahrenbereiche betretbar kann in Abhängigkeit der Risikobeurteilung ein persönlicher Schlüssel eingesetzt werden (siehe Abschnitt 4.1.1, Persönlicher Schlüssel).

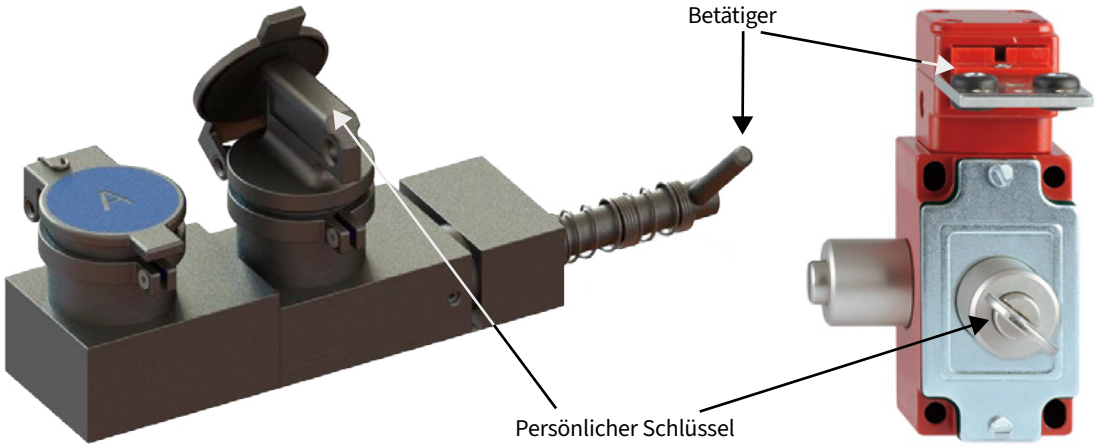


Abb. 7 Zugangssperre

- **Mechanische zeitverzögerte Schlüsselfreigabe** *(Mechanical timed delay key release)*
  Eine Komponente, bei der ein oder mehrere kodierte Schlüssel erst entnommen werden können, wenn nach Einstecken eines oder mehrerer Schlüssel einer anderen Kodierung eine festgelegte Zeit vergangen ist. Dadurch können z. B. größere Nachlaufzeiten einer Maschine im Ablauf berücksichtigt werden.

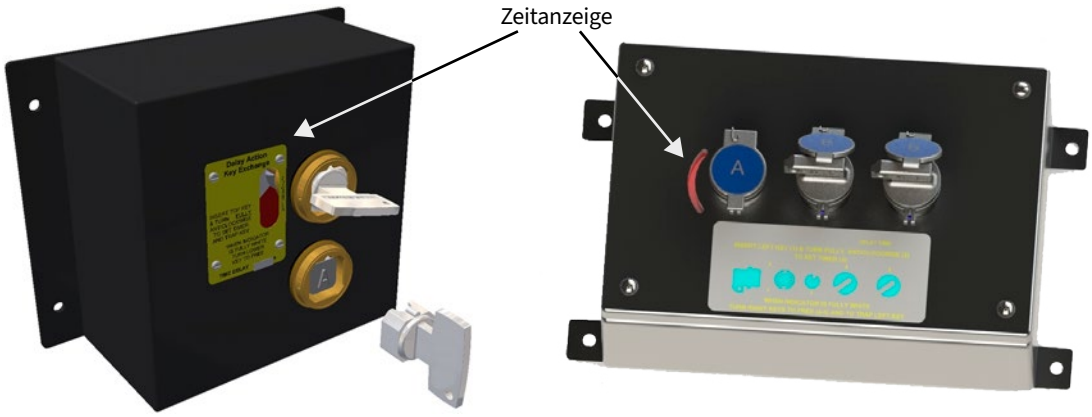


Abb. 8 Mechanische zeitverzögerte Schlüsselfreigabe

3.3 Elektromechanische/Elektronische Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5

Diese Komponenten sind z. B.:

- **Schlüsselschalter** *(Key-operated switch)*
  Eine Komponente, bei der die elektrischen Kontakte zwangsläufig über einen Schlüssel betätigt werden. Typischerweise werden Öffnerkontakte geschaltet, sobald der Schlüssel betätigt bzw. entfernt wird. Je nach Anwendung sind auch andere oder zusätzliche Schaltfunktionen möglich.

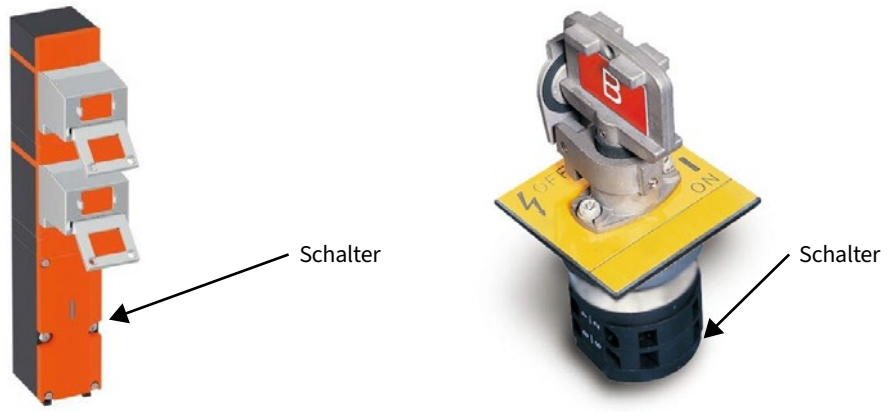


Abb. 9 Schlüsselschalter

- **Magnet-Schlüsselschalter** *(Key-operated solenoid-controlled switch)*
  Ein Schlüsselschalter mit einer elektromagnetischen Einheit zum Sperren/Entsperren des Schlüssels.
  Der Schlüssel bzw. die Schlüssel können erst nach Freigabe durch ein Steuersignal betätigt und entnommen werden (Ruhestromprinzip) oder werden durch das Steuersignal in der Einheit gesperrt (Arbeitsstromprinzip).
  Die Sperreinrichtung kann elektrisch überwacht werden.

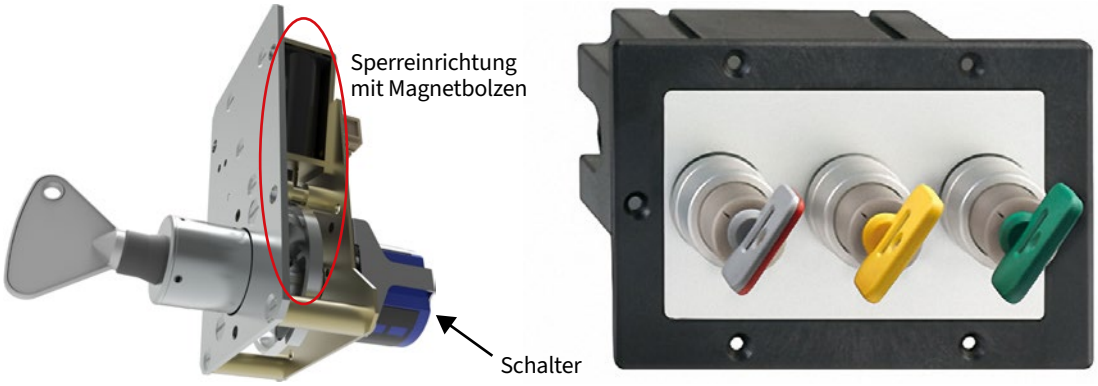


Abb. 10 Magnet-Schlüsselschalter (Einbauausführung)

- **Elektronische/Elektromechanische zeitverzögerte Schlüsselfreigabe** *(Electronical/electro-mechanical timed delay key release)*
  Eine Komponente, bei der ein Schlüssel erst nach Ablauf einer eingestellten Verzögerungszeit entnommen werden kann.
  Die Zeitverzögerung erfolgt dabei elektrisch, nach Anlegen eines elektrischen Signals.
  Dadurch können Nachlaufzeiten einer Maschine im Ablauf berücksichtigt werden.

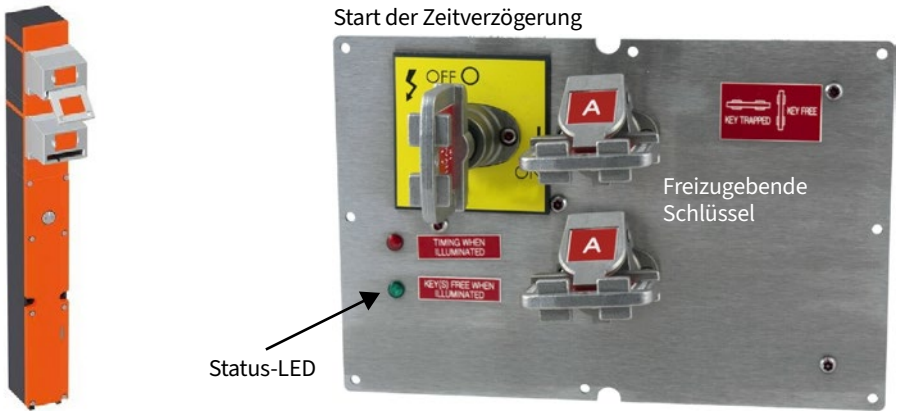


Abb. 11 Elektronische/Elektromechanische zeitverzögerte Schlüsselfreigabe

- **Elektronische/Elektromechanische Stillstandsüberwachung** *(Electronical/electromechanical stopped motion device)*
  Eine Einheit, bei der ein Schlüssel erst bei Stillstand der Maschine entnommen werden kann. Die Stillstandsüberwachung kann dabei durch Sensoren am beweglichen Teil (z. B. Drehgeber), Messung der Nullspannung oder andere Geber erfolgen.

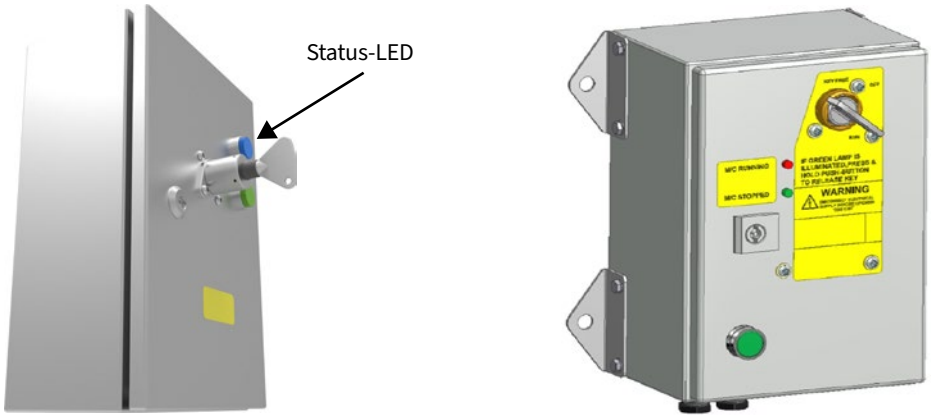


Abb. 12 Elektronische/Elektromechanische Stillstandsüberwachung

- **Bolzenschloss mit Stellungsüberwachung** *(Bolt lock with monitoring)*
  Ein Bolzenschloss, bei dem der mechanische Bolzen/Riegel zusätzlich elektrische Kontakte betätigt. Die Kontakte können zur Überwachung der Bolzenstellung verwendet werden.

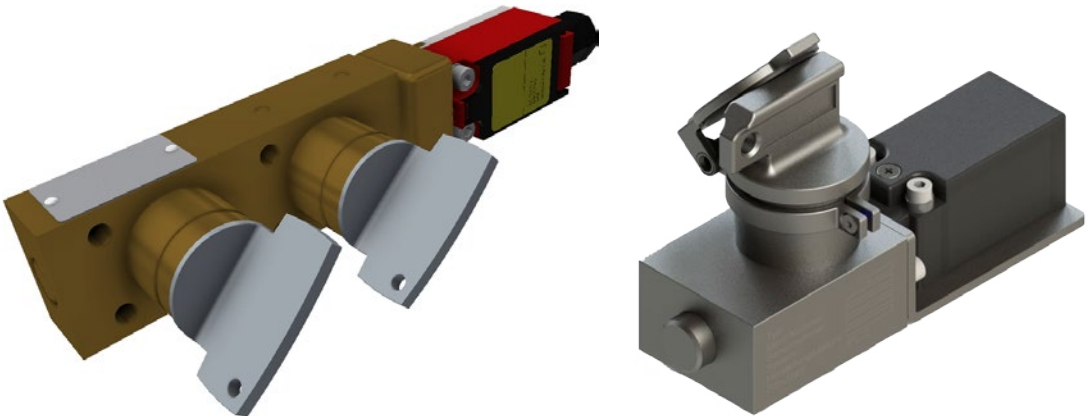


Abb. 13 Bolzenschloss mit Stellungsüberwachung

- **Zugangssperre mit Überwachung** *(Access lock with monitoring)*
  Eine Zugangssperre, bei der zusätzlich elektrische Kontakte betätigt werden.

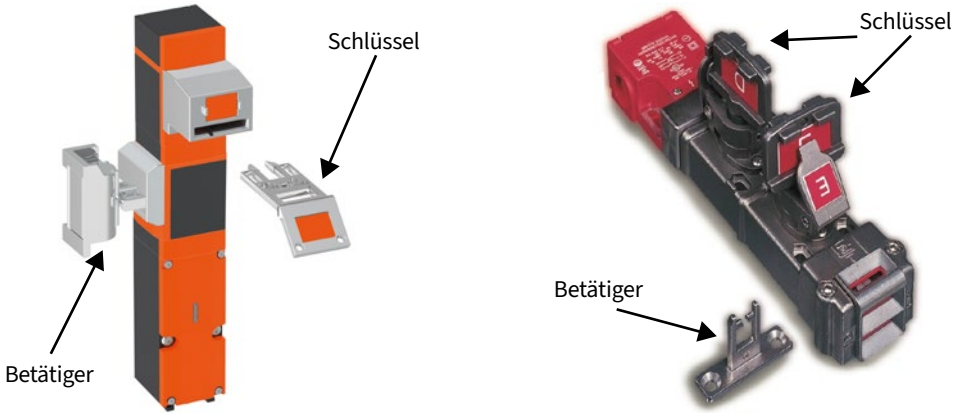


Abb. 14 Zugangssperre mit Überwachung

- **Zugangssperre mit elektrischer Freigabe und Überwachung** *(Access lock with electrical release and monitoring)*
  Eine Zugangssperre, bei der zusätzlich elektrische Kontakte betätigt werden. Die Zuhaltung kann erst mit einem zusätzlichen elektrischen Signal geöffnet werden.

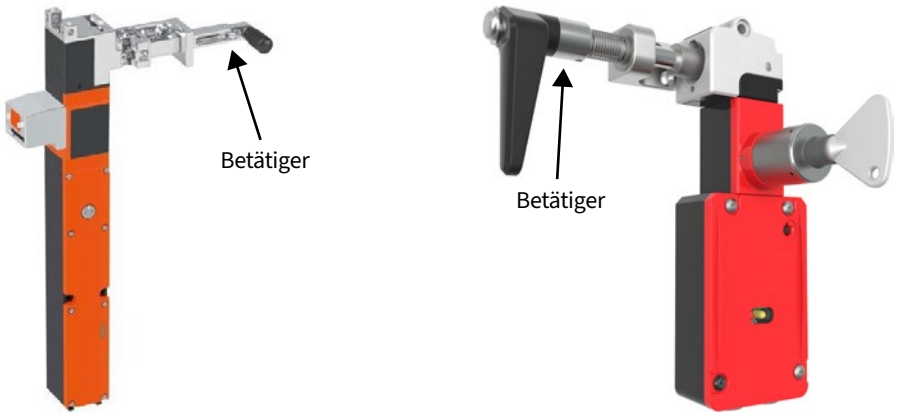


Abb. 15 Zugangssperre mit elektrischer Freigabe und Überwachung

3.4 Schlüsseltransfer-Ventilschlösser

- **Schlüsselbetätigtes Ventil** *(Valve lock)*
  Ein Ventil, das je nach Ausführung durch Entnahme des Schlüssels in geöffneter bzw. geschlossener Stellung verriegelt wird. Die Betätigung des Ventils erfolgt direkt durch den Schlüssel.

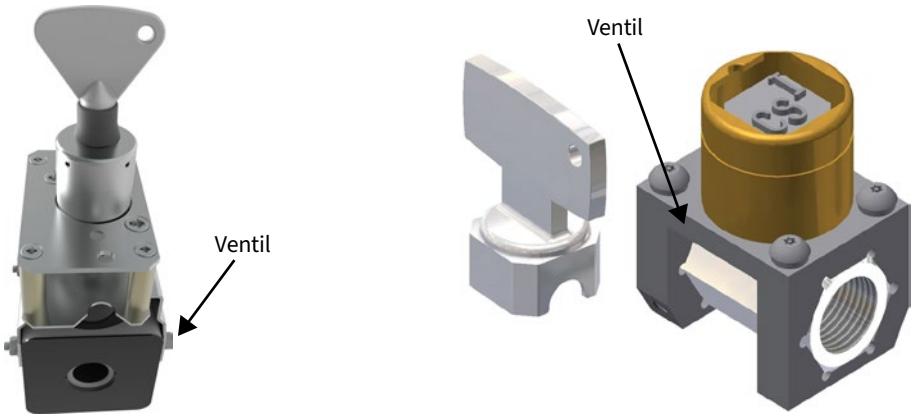


Abb. 16 Schlüsselbetätigtes Ventil

- **Ventilverriegelungseinrichtung** *(Valve interlocking device)*
  Ein Ventil, das je nach Ausführung durch Entnahme des Schlüssels in geöffneter bzw. geschlossener Stellung verriegelt wird.

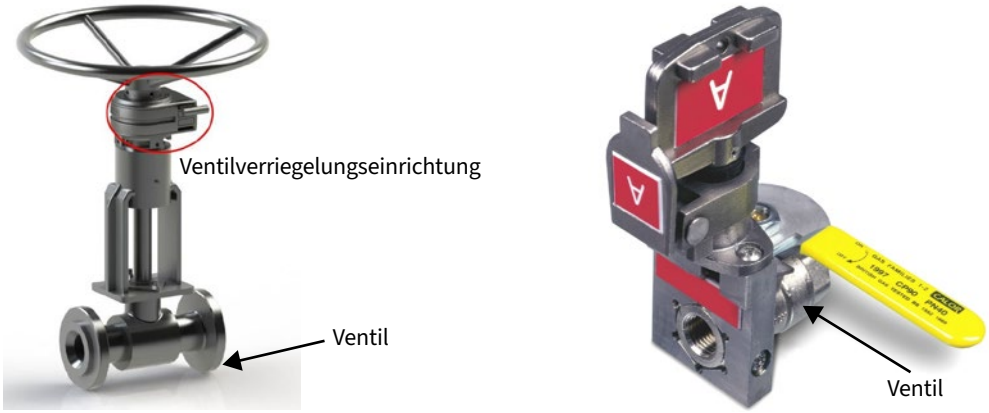


Abb. 17 Ventilverriegelungseinrichtung

3.5 Beispiele von Schlüsseltransfersystemen

Die nachfolgenden Beispiele von Schlüsseltransfersystemen (als Teil der technischen Risikominderung in einem Schutzkonzept) bieten einen Überblick über die Vielfältigkeit der Ausführungsformen für unterschiedlichste Anwendungsarten.

Beispiel für die Absicherungsmöglichkeit einer Wartungsklappe:

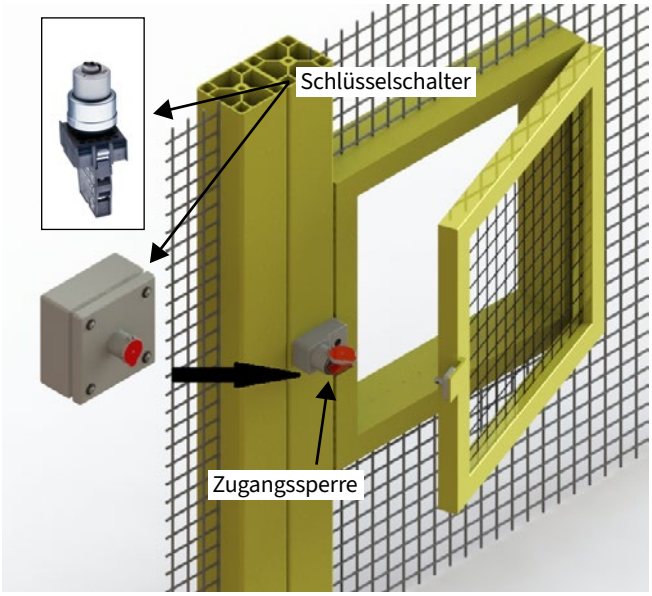


Abb. 18 Schematische Darstellung der Absicherung einer Wartungsklappe

Die Absicherung erfolgt in dieser Darstellung über ein Schlüsseltransfersystem bestehend aus einem Schlüsselschalter und einer Zugangssperre. Bei geöffneter Schutztür ist der Schlüssel in der Zugangssperre gefangen und ein Einleiten der gefahrbringenden Bewegung dadurch nicht möglich. Abbildung 18 zeigt beispielhaft die Absicherung der Wartungsklappe und das zugehörige Schalterelement in Aufbauausführung. Zusätzlich ist ein Schlüsselschalter in Einbauausführung dargestellt.

Beispiel für die Absicherungsmöglichkeit einer Maschine mit Zugangstür und Wartungsklappe bei langem Maschinennachlauf:

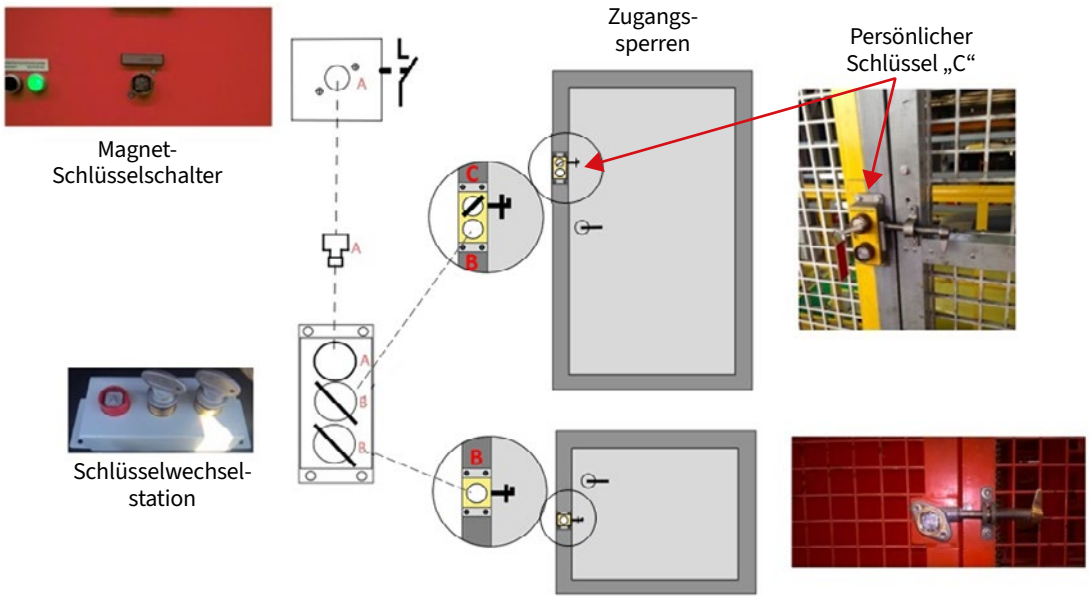


Abb. 19 Schematische Darstellung der Absicherung einer Maschine mit Zugangstür und Wartungsklappe bei langem Maschinennachlauf

Das vorliegende Systembeispiel zeigt Komponenten mit Drehschlüssel. Schlüssel A, B und C besitzen jeweils unterschiedliche Kodierungen und passen somit nur in das jeweils gleich kodierte Schloss.

Der Schlüssel (A), befindet sich auf dem Transfer vom Magnet-Schlüsselschalter zur Schlüsselwechselstation. Der Kontakt des Schalterelementes ist geöffnet.

Die beiden Schlüssel (B) zum Öffnen der Schutztüren sind in der Schlüsselwechselstation gefangen.

Der persönliche Schlüssel (C) befindet sich gefangen in der Zugangssperre.

Beispiel für die Absicherungsmöglichkeit einer Maschine mit zwei Zugangstüren:



Abb. 20 Beispiel für die Absicherung einer Maschine mit zwei Zugangstüren

Das vorliegende Systembeispiel zeigt Komponenten mit Steckschlüssel. Beide Schlüssel besitzen die gleiche Kodierung und passen somit in alle Schlösser des Systems.

Ein Schlüssel ist bereits in der Zugangssperre gefangen und die Zugangstür geöffnet. Der zweite Schlüssel befindet sich auf dem Transfer vom Magnet-Schlüsselschalter zur Zugangssperre.

Die Kontakte des Schlüsselschalters sind geöffnet.

Die Gefahrenbereiche sind von den Zugangssperren aus vollständig einsehbar.

Beispiel für die Absicherungsmöglichkeit einer Maschine mit zwei Zugangstüren mittels hybridem Schlüsseltransfersystem:

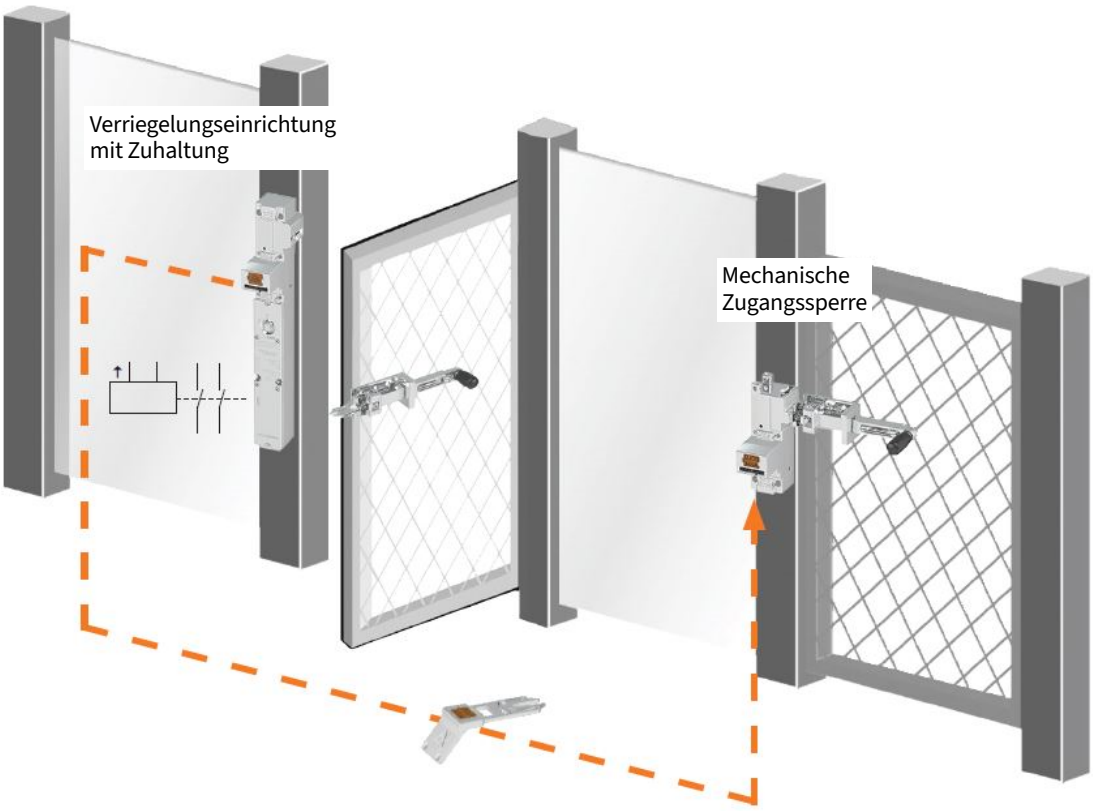


Abb. 21 Schematische Darstellung der Absicherung einer Maschine mit zwei Zugangstüren als Hybrides System

Eine Schutztür und die Kontakte der Verriegelungseinrichtung mit Zuhaltung sind geöffnet, wodurch der Schlüssel entnommen werden konnte.

Der Schlüssel befindet sich auf dem Transfer von der Verrieglungseinrichtung mit Zuhaltung zur mechanischen Zugangssperre. Die Gefahrenbereiche sind von den Zugangssperren aus vollständig einsehbar.

Beispiel für die Absicherungsmöglichkeit eines Zugangs zu einer Hochspannungsschaltanlage, mit zwangsläufiger Erdung:

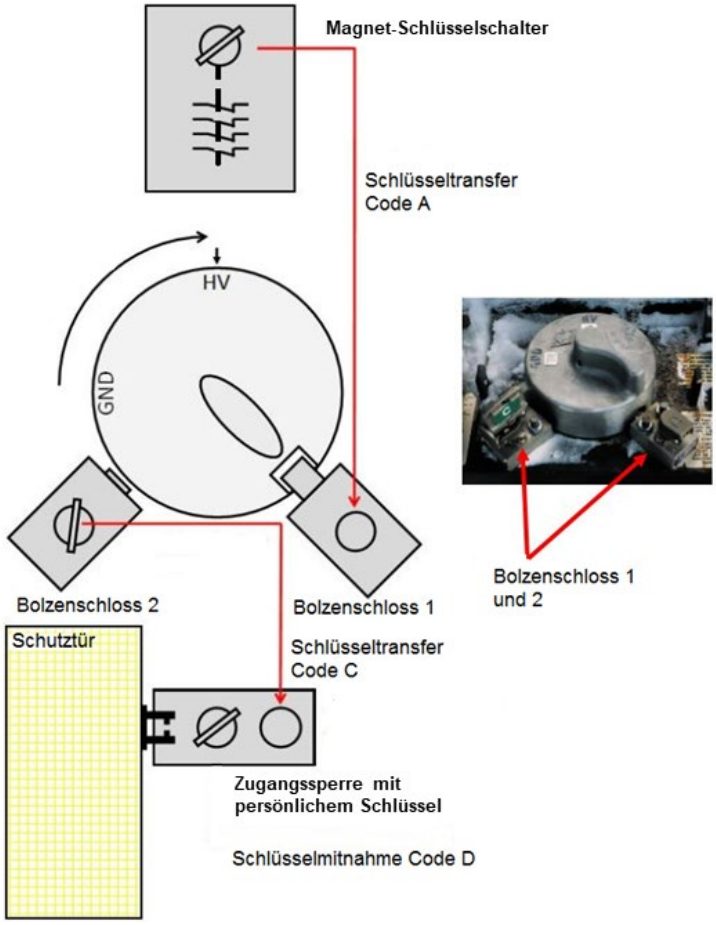


Abb. 22 Zugangssicherung einer Hochspannungsschaltanlage, mit zwangsläufiger Erdung (nicht dargestellt)

Das vorliegende Systembeispiel zeigt Komponenten mit Drehschlüssel. Schlüssel A, C und D besitzen jeweils unterschiedliche Kodierungen und passen somit nur in das jeweils gleich kodierte Schloss.

Der Schlüssel A, ist in dem Magnet-Schlüsselschalter gefangen. Die Kontakte des Schalterelementes sind geschlossen.

Der Riegel/Bolzen des Bolzenschlosses (1) ist ausgefahren und sperrt den Erdungsschalter.

Der Riegel/Bolzen des Bolzenschlosses (2) ist eingefahren und der Schlüssel (C) gefangen.

Die Tür zum Zugang der Hochspannungsanlage ist geschlossen und zugehalten.

Der persönliche Schlüssel (D) befindet sich gefangen in der Zugangssperre.

Der Gefahrenbereich ist betretbar und von der Zugangssperre aus nicht vollständig einsehbar.

Beispiel für die Absicherungsmöglichkeit einer Schaltanlage:

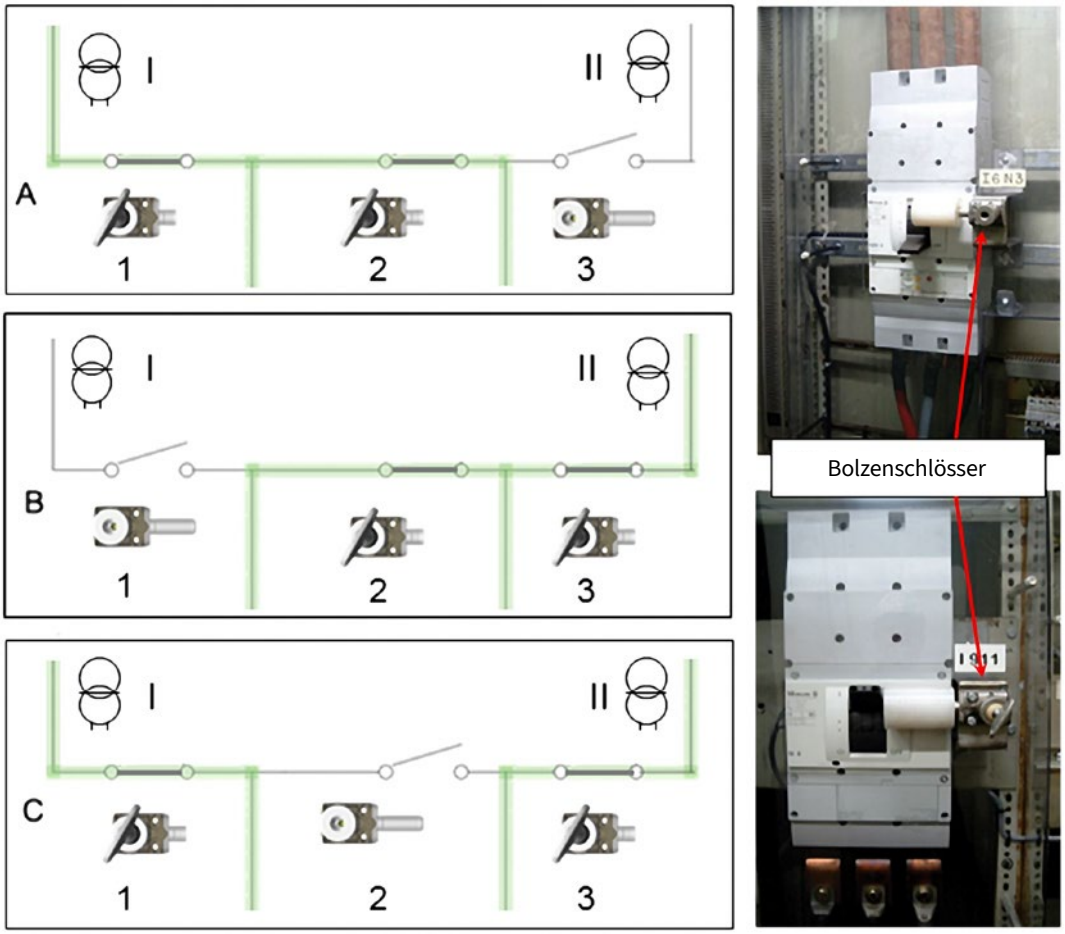


Abb. 23 Absicherung einer Schaltanlage

Das vorangegangene Beispiel zeigt eine Schaltanlage mit zwei Einspeisungen (I + II), die wechselseitig auf die Abgänge geschaltet werden können.

Um einen Kurzschluss zwischen den beiden Einspeisungen zu verhindern, ist die Schaltanlage mit einem Schlüsseltransfersystem ausgestattet. Das Schlüsseltransfersystem besteht aus drei Bolzenschlössern und zwei Schlüsseln mit gleicher Kodierung.

Die jeweiligen Bolzenschlösser dienen zum Blockieren der Trennschalter im ausgeschalteten Zustand.

Im Schaltzustand (A) befinden sich die Schlüssel in den Bolzenschlössern 1 und 2 (Trennschalter 1 und 2 geschlossen). Trennschalter 3 ist im geöffneten Zustand durch Bolzenschloss 3 blockiert.

Im Schaltzustand (B) befinden sich die Schlüssel in den Bolzenschlössern 2 und 3 (Trennschalter 2 und 3 geschlossen). Trennschalter 1 ist im geöffneten Zustand durch Bolzenschloss 1 blockiert.

Im Schaltzustand (C) befinden sich die Schlüssel in den Bolzenschlössern 1 und 3 (Trennschalter 1 und 3 geschlossen). Trennschalter 2 ist im geöffneten Zustand durch Bolzenschloss 2 blockiert.

Da nur zwei Schlüssel vorhanden sind, können nur zwei der drei Trennschalter gleichzeitig geschlossen sein. Dies verhindert auf einfache Weise einen Kurzschluss.

Beispiel eines Systems aus Komponenten mit Dreh- und Steckschlüssel:

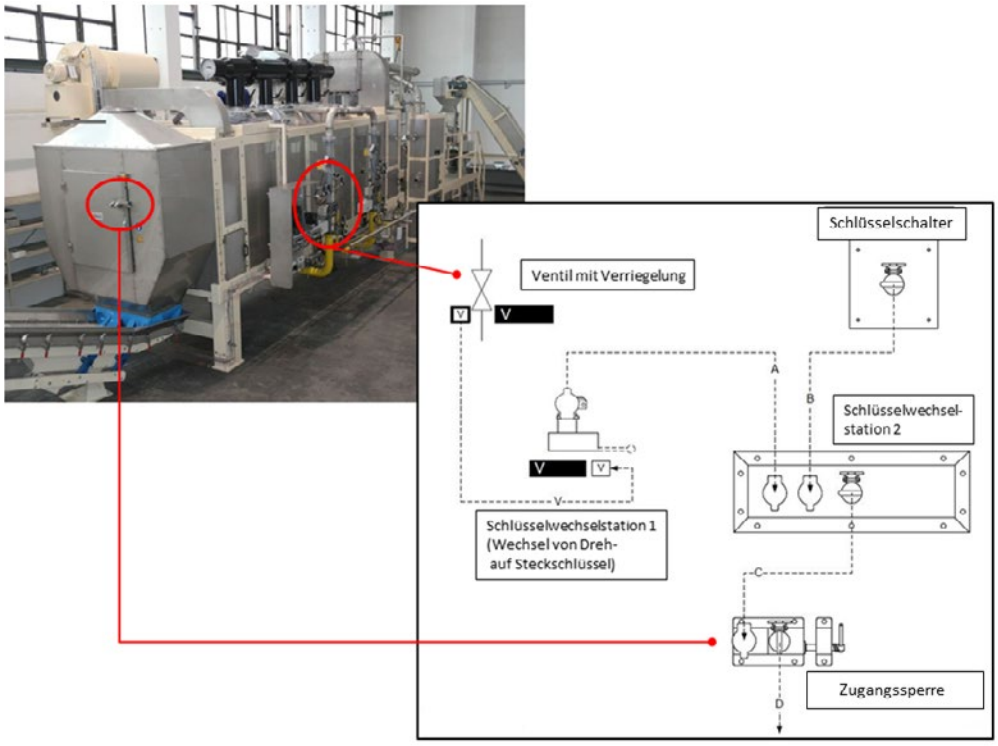


Abb. 24 Schlüsseltransfersystem mit zwei unterschiedlichen Schlüsselausführungen

Das vorliegende Systembeispiel zeigt Komponenten mit Dreh- und Steckschlüssel. Schlüssel A, B, C, D und V besitzen jeweils unterschiedliche Kodierungen und passen somit nur in das jeweils gleich kodierte Schloss.

Der Schlüssel (B) ist im Schlüsselschalter gesteckt. Der Kontakt des Schalterelementes ist geschlossen.

Der Steckschlüssel (V) ist in der Ventilverriegelung gefangen. Das Ventil ist geöffnet.

Schlüssel (A) ist in der Schlüsselwechselstation 1 gefangen.

Schlüssel (C) ist in der Schlüsselwechselstation 2 gefangen.

Der persönliche Schlüssel (D) ist in der Zugangssperre gefangen. Die Schutztür ist geschlossen und durch die Zugangssperre blockiert.

4 Kriterien für die Auswahl von Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5 eines Systems

4.1 Allgemeines

Kriterien, die das Schlüsseltransfersystem erfüllen muss, ergeben sich aus der durchgeführten Beurteilung von Gefährdungen/Risiken und dem daraus abgeleiteten Schutzkonzept.

U. a. sind zu berücksichtigen:

- Betretbare Gefahrenbereiche
- Zeitspanne bis zum Erreichen des sicheren Zustandes
- Umgebungsbedingungen
- Art der Abschalteinrichtung (siehe Abschnitt 3, Bauarten und Funktionsweisen)
- Zusätzlicher Schutz gegen Wiedereinschalten (siehe Abschnitt 11, Lockout/Tagout)
- Sind bereits Schlüsseltransfersysteme im Einsatz, z. B. Anlagenerweiterung? (siehe Abschnitt 9, Änderungen/Ergänzungen des Schlüsseltransfersystems)
- Vergabe der Kodierung (kein System mit selber Kodierung auf einem Werksgelände)
- Generalschlüssel

Die vorangegangenen Kriterien werden in den nachfolgenden Abschnitten konkretisiert.

4.1.1 Betretbare Gefahrenbereiche

Falls Gefahrenbereiche betretbar sind, können beispielsweise Maßnahmen nötig werden, wie:

- Persönlicher Schlüssel
  Dieser Schlüssel muss von der Bedienperson mit in den Gefahrenbereich genommen werden. Solange der Schlüssel nicht wieder zurück an der Ausgangsposition ist, ist ein Einleiten des gefährlichen Zustands und ein Einsperren der Bedienperson nicht möglich.
  Mit mehreren Persönlichen Schlüsseln können auch mehrere Personen gleichzeitig geschützt werden.
- Fluchtentriegelung
  Möglichkeit des manuellen Entsperrens einer Zugangssperre zum Verlassen des Gefahrbereichs ohne Hilfsmittel von der Fluchtseite (Gefahrenbereich).
  Zusätzlich muss sichergestellt werden, dass ein Einleiten des gefährlichen Zustands nicht möglich ist, solange die Fluchtentriegelung nicht zurückgesetzt wurde.

Bei dieser Betrachtung ist die Risikobeurteilung zu berücksichtigen und nötige Maßnahmen entsprechend der vorliegenden Situation abzustimmen.

4.1.2 Zeitspanne bis zum Erreichen des sicheren Zustandes

Neben der Möglichkeit, mechanische, elektromechanische oder elektronische Komponenten zur verzögerten Schlüsselfreigabe in den Ablauf zu integrieren, können Verzögerungen ggf. auch dadurch sichergestellt werden, dass bestimmte Wegstrecken zwischen zwei Stationen zurückgelegt werden müssen.
Sind an einer Maschine längere Nachlaufzeiten vorhanden, kann eine große Entfernung zwischen Schlüsselschalter, Schlüsselwechselstation und Zugangssperre nicht als Ersatz für einen Magnet-Schlüsselschalter oder einer Komponente zur verzögerten Schlüsselfreigabe angesehen werden.

4.1.3 Umgebungsbedingungen

Um ein geeignetes Schlüsseltransfersystem auswählen zu können, muss der Betreiber ermitteln, welche Umgebungsbedingungen am Einsatzort vorliegen.

Ein Überblick möglicher Umgebungsbedingungen ist in Anhang A gegeben.

4.1.4 Schlüsselkodierungen

Bei Verwendung von mehr als einem Schlüsseltransfersystem in einem Produktions-/Anlagenbereich muss der Betreiber Informationen über bereits vorhandene Schlüsseltransfersysteme dem Lieferanten mitteilen. Hierbei ist insbesondere darauf zu achten, dass doppelte Kodierungen vermieden werden (siehe auch Anhang B).

Werden Schlüsseltransfersysteme an ortsveränderlichen Betriebsmitteln verwendet, muss der Betreiber darauf achten, dass keine Betriebsmittel mit gleicher Kodierung an einem Ort verwendet werden.

4.1.5 Generalschlüssel

Um in unvorhersehbaren Situationen (z. B. Feuer, Rettungsfälle, Lieferzeitüberbrückung bei Ersatzbeschaffung von Schlüsseln) Zugang zu ermöglichen/Stillstandzeiten zu vermeiden, können Generalschlüssel verwendet werden. Es muss sichergestellt werden, dass organisatorische Maßnahmen durch den Anlagenbetreiber getroffen werden, die einen Missbrauch verhindern (z. B. gesicherte Aufbewahrung und Ausgabe gegen Unterschrift an berechtigte Personen). Der Generalschlüssel darf nicht für den normalen, dauerhaften Anlagenbetrieb genutzt werden (siehe auch Abschnitt 6.5.2, Anhang B).

4.2 Lastenheft für die Realisierung der Sicherheitsfunktion

Die in einem Schlüsseltransfersystem vorgegebene Ablauffolge (Schlüsseltransfer) zur Betätigung einzelner Komponenten, dient dem Ziel, die Sicherheitsfunktion zu realisieren. Die Ablauffolge wird im Schlüssellaufplan dargestellt. Die Realisierung der Sicherheitsfunktionen erfolgt durch Zusammenspiel verschiedener Systemkomponenten.

Um die Sicherheitsfunktion mit einem Schlüsseltransfersystem zu realisieren, sind u. a. folgende Punkte zu beachten:

- Applikation mit Angabe der Spezifikation der Sicherheitsfunktionen
- Umgebungsbedingungen
- Zuhaltekraft
- Angabe des erforderlichen Performance Level
- Zykluszeit
- Schaltspiele (Anzahl Betätigungen pro Jahr)

5 Auswahlverfahren

Die Auswahl der Komponenten eines Schlüsseltransfersystems ergibt sich aus den zusammengestellten Systemkriterien (siehe Abschnitt 4) und dem applikationsabhängigen Schutzkonzept.

Das Schlüsseltransfersystem sollte in Abstimmung mit dem Hersteller bzw. Lieferanten zusammengestellt werden, um eine für seine Applikation optimale Lösung zu erhalten. In einem zu erstellenden Schlüssellaufplan sind die erforderlichen Komponenten aufzuführen und der Transfer der Schlüssel ist darzustellen.

Zur Unterstützung der Erstellung eines Schlüssellaufplans können ggf. herstellerspezifische Softwaretools genutzt werden.

6 Anbringung

6.1 Allgemeines

Die ordnungsgemäße Anordnung und Montage ist in Bezug auf die Betätigung von Schlüsseltransfersystemen ein wichtiger Punkt.

Dabei spielen Kriterien wie Erreichbarkeit, Bedienbarkeit, Lageänderung, Schutz vor Beschädigungen und Umgehbarkeit eine entscheidende Rolle.

Grundsätzlich sind die Anforderungen an Anordnung und Befestigung entsprechend DIN EN ISO 14119 zu beachten.

Die bei der Risikobeurteilung festgelegten Grenzen der Maschine (z. B. Bestimmungsgemäße Verwendung, vorhersehbare Fehlanwendung, Personal) sind bei der Anbringung ebenfalls zu berücksichtigen.

6.2 Anordnung und Zugänglichkeit

Die sinnvolle Anordnung der Komponenten eines Schlüsseltransfersystems in Bezug auf leichte Erreichbarkeit und Betätigung muss auch die Wartung, Instandhaltung und Prüfung berücksichtigen.

Beispielhafte Bewertungskriterien:

- Erreichbarkeit ohne Hilfsmittel
- Anordnung außerhalb des Gefahrbereiches
- Ergonomische Anordnung
- Einbaulagen
- Umgebungsbedingungen
- Spezielle Angaben des Herstellers

6.3 Sicherung gegen Lageänderung

Wo die Lageänderung der Bauteile zu einem Verlust der Sicherheitsfunktion führen kann, sind Maßnahmen gegen Selbstlockern der Befestigungselemente vorzusehen. Dies ist beispielsweise durch die Verwendung von Schraubensicherungsklebern möglich.

Ein genaues Fluchten des Bolzens/Betätigers mit den entsprechenden Gegenstücken (siehe Abschnitt 3.2) mindert übermäßigen Verschleiß, die Wahrscheinlichkeit der Zerstörung der mechanischen Bauteile oder das Ausfahren des Bolzens ins Leere.

Bei Befestigung des Betätigers ist darauf zu achten, dass die Schutzwirkung der Schutzeinrichtung im gesteckten Zustand des Betätigers gegeben ist. Verfügt der Betätiger über Ausgleichselemente (z. B. Federn, Ketten, Rasten), so darf der Spalt zwischen beweglichem und feststehendem Teil der Schutzeinrichtung bei gestecktem Betätiger nur so groß sein, dass die Gefahrstelle nicht erreicht werden kann.

6.4 Schutz gegen Beschädigung

Die Komponenten des Schlüsseltransfersystems sind so anzuordnen, dass sie den zu erwartenden Beanspruchungen standhalten können. Hierbei sind Arbeitsumgebung, Zuhaltekräfte, Umwelteinflüsse sowie das Handling von Produkten und Materialien zu berücksichtigen.

Zugangssperren sind so anzuordnen, dass sie beim Schließen der Schutzeinrichtung nicht beschädigt werden. Sie dürfen nicht als mechanischer Anschlag verwendet werden, sofern sie nicht dafür vorgesehen sind. Wenn erforderlich, ist ein separater Anschlag anzubringen.

Bei der Wahl der Leitungseinführung und beim Verlegen von Anschlussleitungen ist darauf zu achten, dass die IP-Schutzart erhalten bleibt. Leitungseinführungen sind ggf. so abzudichten, dass keine Flüssigkeiten und Fremdkörper, z. B. Regenwasser, Bohremulsion, Reinigungswasser oder Staub in das Gehäuseinnere eindringen können. Abbildung 25 und Abbildung 26 stellt die Problematik an einem Bolzenschloss mit Stellungsüberwachung beispielhaft dar.

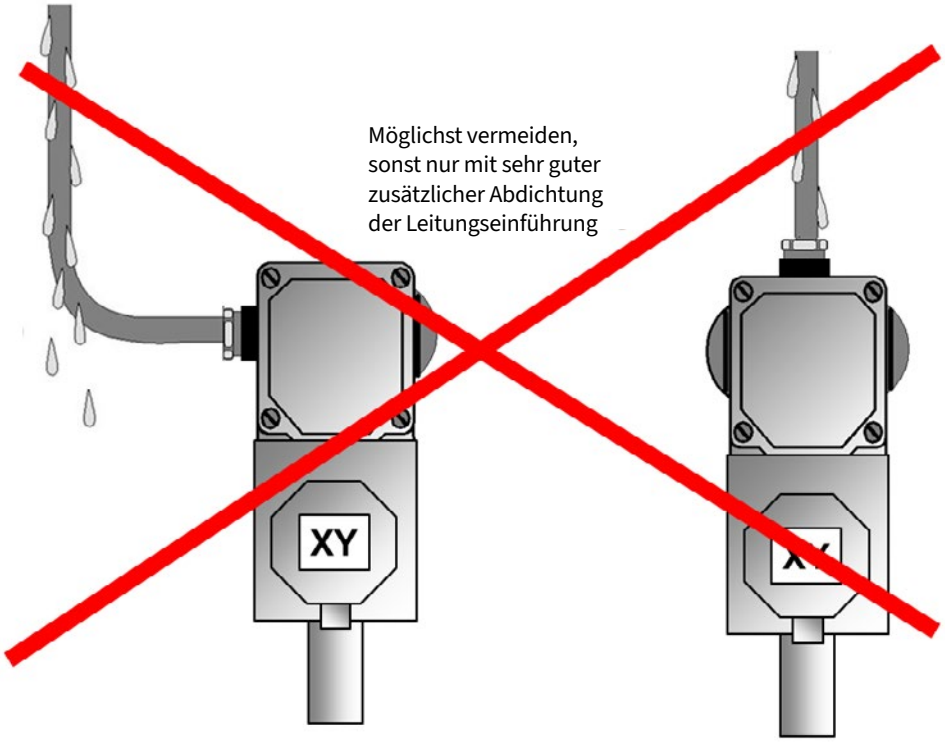


Abb. 25 Beispiele für nicht empfohlene Leitungseinführungen

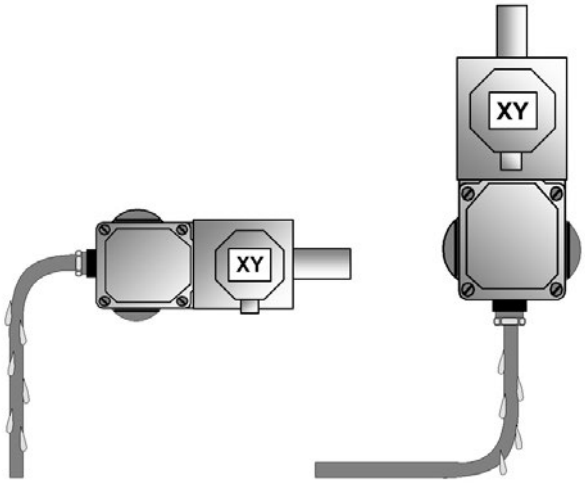


Abb. 26 Beispiele für empfohlene Leitungseinführungen

Bei der Anbringung von Systemkomponenten mit elektrischen Anschlussleitungen ist darauf zu achten, dass der vom Leitungshersteller vorgegebene Biegeradius nicht unterschritten wird. Liegen keine Angaben vor, so sollte wie in Abbildung 27 dargestellt, mindestens ein Biegeradius von r ≥ 5d (bei beweglichen Leitungen von r ≥ 10d) eingehalten werden.

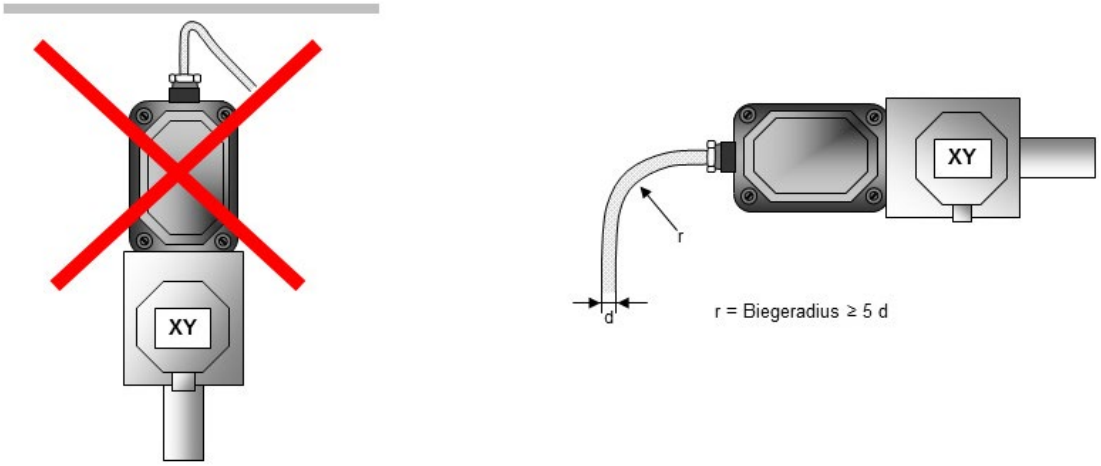


Abb. 27 Beachten eines ausreichenden Biegeradius

Zu beachten:

- nicht benutzte Einführungsöffnungen durch Gewindestopfen verschließen
- nicht mehrere Leitungen durch eine Leitungseinführung führen

In besonders ungünstigen Anwendungsfällen ist der Einsatz von Schutzschlauchverschraubungen empfehlenswert. Hierbei hält der Schutzschlauch die Umwelteinflüsse von Leitung und Leitungseinführung fern.

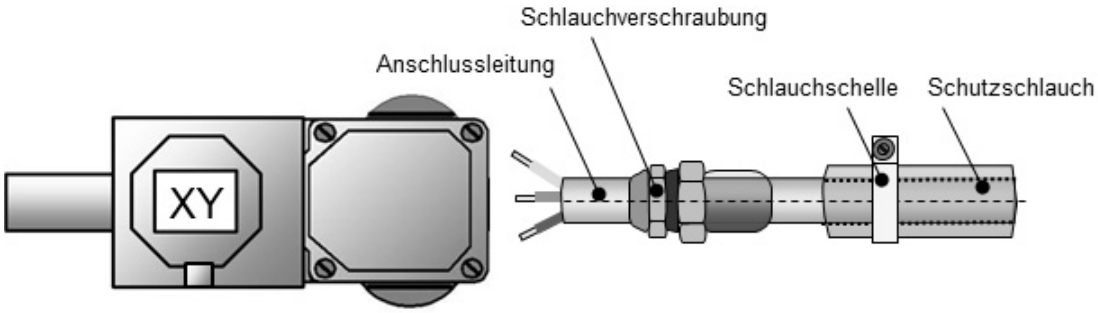


Abb. 28 Beispiel einer Schutzschlauchfixierung

Bei der Verlegung von Anschlussleitungen sind folgende Punkte zu beachten:

- Leitungslängen und Leiterquerschnitte nach Herstellerangaben
- möglichst getrennte Verlegung zu Energieleitungen
- ggf. zusätzliche Maßnahmen zur Verbesserung der elektromagnetischen Störfestigkeit
- Leitungen vor mechanischen Beschädigungen schützen

6.5 Umgehen

Umgehen, auch Manipulation genannt, umfasst jegliche Handhabung an Schutzeinrichtungen, mit dem Ziel die Schutzwirkung aufzuheben.

Anreize für ein Umgehen von Schutzeinrichtungen können beispielsweise sein:

- Schutzeinrichtungen behindern den Arbeitsablauf
- Vom Bediener oder der Bedienerin auszuführende Tätigkeiten (z. B. Reinigen, Fehlersuche, Reparatur, Einrichten) wurden bei der Konstruktion der Maschine nicht berücksichtigt.
- Zeitersparnis zu Lasten der Sicherheit (z. B. Vermeidung von Unterbrechungen, schnellere/ höhere Produktion)
- unzureichende Ergonomie (leichteres, bequemeres Handling, geringere körperliche Anstrengung, kürzere Arbeitswege).

Die wirksamste Maßnahme, um ein Umgehen zu vermeiden, ist die konstruktive Gestaltung der Maschine einschließlich aller Schutzeinrichtungen so, dass Anreize zum Umgehen beseitigt, zumindest aber minimiert werden.

Das heißt, eine Maschine muss ihre vorgesehenen Funktionen während ihrer Lebensdauer bei hinreichend verringertem Risiko ausführen können, ohne dass Umgehen von Schutzeinrichtungen nennenswerte Vorteile bringen, z. B. durch die Wahl geeigneter Betriebsarten.

DIN EN ISO 14119 beschreibt im Abschnitt 8 ein Verfahren, um Anreize zum Umgehen von Verriegelungseinrichtungen abschätzen und bewerten zu können. Dieses Verfahren wird benutzt, um den Manipulationsanreiz zu minimieren. Ggf. werden Maßnahmen ergriffen, um die Manipulation zu erschweren, siehe Abb. 29.

Praktische Hilfestellungen zur systematischen Erfassung von Manipulationsanreizen sind zu finden unter: www.stopp-manipulation.org, Stichwort: „Manipulationsanreiz“.

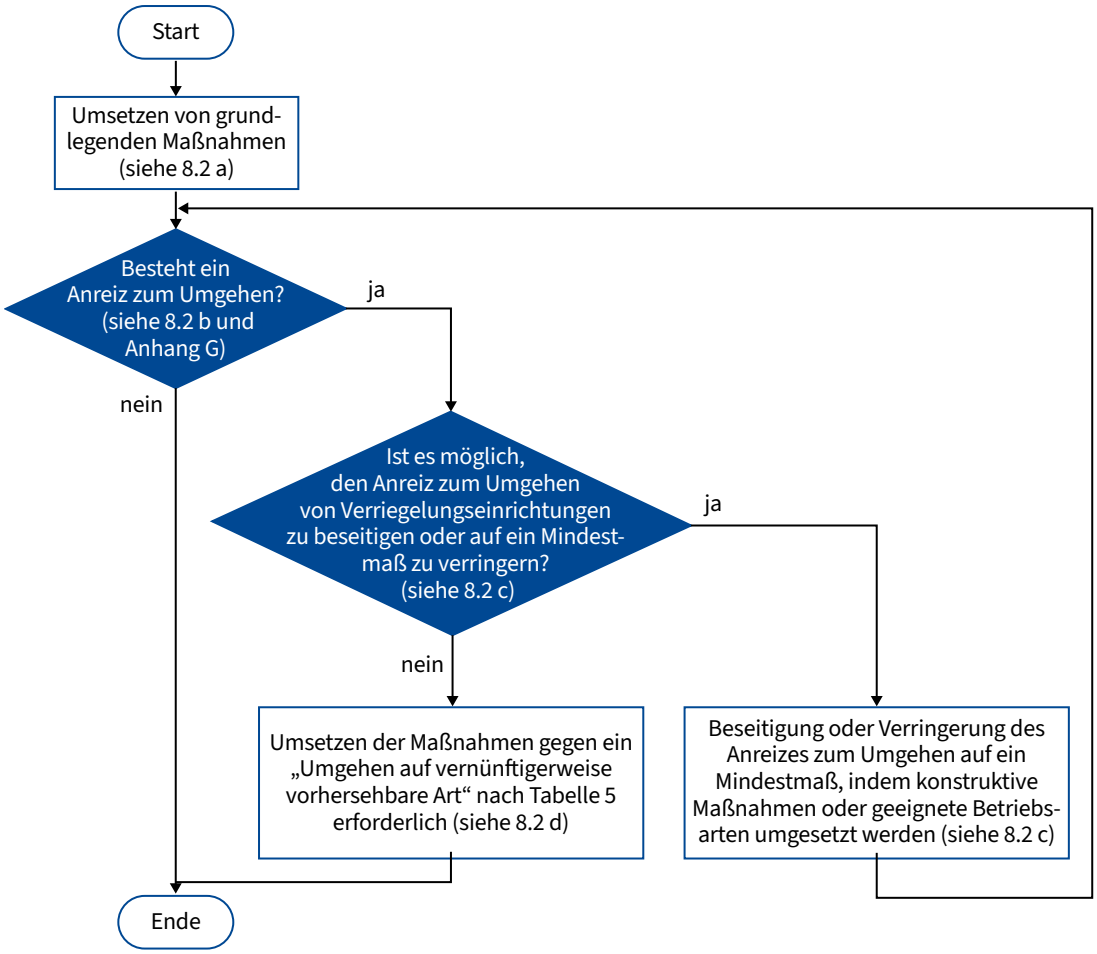


Abb. 29 Methodik zur Bestimmung des möglichen Anreizes zum Umgehen von Verriegelungseinrichtungen und geforderte Maßnahmen, die vom Integrator umzusetzen sind

Zusätzlich zur weitestgehenden Minimierung von Manipulationsanreizen aufgrund konstruktiver Eigenschaften der Maschine, müssen Schlüsseltransfersysteme selbst einen Beitrag zur Verringerung der Umgehungsmöglichkeiten leisten. Sie müssen deshalb so ausgewählt und angebracht sein, dass sie nicht auf eine vernünftigerweise vorhersehbare Art, d.h. von Hand oder durch Benutzung eines leicht verfügbaren Gegenstandes, umgangen werden können.

Leicht verfügbare Gegenstände können auch Ersatzschlüssel und Ersatzbetätiger sein (siehe hierzu auch Abschnitt 2, „Begriffe“: Umgehen auf eine vernünftigerweise vorhersehbare Art, Anmerkung 2), speziell, wenn sie im Betrieb mehrfach vorgehalten werden.

Als Umgehen auf vernünftigerweise vorhersehbare Art gilt nicht ein aufwändiges Unwirksam machen von Schutzfunktionen wie z. B.

- das Demontieren oder Verschieben mittels „schwerer Werkzeuge“ (z. B. Brecheisen, Trennschleifer)
- das Überbrücken der Kontakte.
- Selbstanfertigung eines Schlüssels oder Betätigers

Bei der Anwendung von Schlüsseltransfersystemen kann es jedoch in besonderen Situationen erforderlich sein, mittels zusätzlicher, geeigneter Maßnahmen einen Zugang zum Gefahrenbereich zu ermöglichen oder einen vorübergehenden Betrieb zuzulassen, der von der festgelegten Betriebsweise des Schlüsseltransfersystems abweicht. Hierbei kommt es zu einer reduzierten Sicherheit, der sich der Anwender oder die Anwenderin bewusst sein muss und sicherzustellen hat, dass ein Missbrauch verhindert wird (siehe dazu Abschnitt 4.1.5 und 6.5.2).

6.5.1 Zusätzliche Maßnahmen zur Verringerung von Umgehungsmöglichkeiten durch den Anwender oder die Anwenderin/den Maschinenhersteller

Die im Folgenden genannten Maßnahmen können entsprechend Risikobeurteilung, einzeln oder in Kombination zur Verringerung von Umgehungsmöglichkeiten beitragen:

- Verwendung von unterschiedlichen Systemkodierungen, wenn mehrere Schlüsseltransfersysteme am Aufstellungsort der Maschine vorhanden sind.
- Verwendung von nicht lösbaren Befestigungen (z. B. Schweißen, Kleben, Einwegschrauben, Nieten), insbesondere zur Befestigung des Betätigers bei Zugangssperren.
- Zustandsüberwachung/Plausibilitätsprüfung:
  Die Steuerung erwartet beispielsweise das Öffnen einer Tür in einem bestimmten Maschinenzyklus oder nach einer bestimmten Zeit. Das Fehlen des Steuersignals kann auf ein Umgehen hinweisen.

6.5.2 Maßnahmen bei Verwendung eines Generalschlüssels

In besonderen Situationen (z. B. Rettungseinsätze) kann die Verwendung eines Generalschlüssels erforderlich sein, um in den geschützten Maschinenbereich zu gelangen.

Wenn in der täglichen Nutzung des Schlüsseltransfersystems ein Schlüssel beschädigt wird oder verloren geht, kann für den Zeitraum der Wiederbeschaffung beim Hersteller der Generalschlüssel verwendet werden, um Stillstandzeiten der Maschine zu vermeiden und somit die Grundlage für einen Manipulationsanreiz zu nehmen.

Durch organisatorische Maßnahmen ist sicher zu stellen, dass nur befugte Personen Zugriff auf den Generalschlüssel haben. Die Ausgabe und Rücknahme des Generalschlüssels ist durch den „Schlüsselverantwortlichen“ zu dokumentieren (siehe Anhang B).



Abb. 30 Mögliche Sicherung eines Generalschlüssels (Steckschlüsselsystem)

Bedingt durch die bessere Kontrollierbarkeit eines einzelnen Generalschlüssels, verringert sich die Wahrscheinlichkeit eines Umgehens, im Vergleich zum Vorhalten mehrerer Ersatzschlüssel.

Bei der Verwendung eines Generalschlüssels, speziell in Verbindung mit mehreren Maschinen ist jedoch zu berücksichtigen, dass dieser in der Regel auf alle Schlösser der gleichen Produktlinie eines Schlüsseltransfersystems passt.

Hersteller- und systemabhängig sind auch Generalschlüssel mit eingeschränkter Kodierung und somit eingeschränkter Verwendungsmöglichkeit realisierbar.

Alternativ können für besondere Situationen auch Zugangssperren mit Hilfsentriegelung oder Notentsperrung eingesetzt werden.

Diese Möglichkeiten und die sich daraus ergebenden Auswirkungen bei der Anwendung, sind vorab innerhalb der Gefährdungsbeurteilung nach Betriebssicherheitsverordnung vom Anwender, bzw. der Anwenderin zu berücksichtigen.

7 Informationen

Wichtige Informationen für die Inbetriebnahme und Realisierung von Sicherheitsfunktionen mit Schlüsseltransfersystemen finden sich in:

- Betriebsanleitung
- Schlüssellaufplan
- Konformitätserklärung
- Kennzeichnung

7.1 Betriebsanleitung

Die Betriebsanleitung muss in der Amtssprache des Verwendungslandes vorliegen und neben der bestimmungsgemäßen Verwendung auch die vernünftigerweise vorhersehbare Verwendung berücksichtigen. Damit dem Endanwender, bzw. der Endanwenderin die notwendigen Informationen des Schlüsseltransfersystems zur Verfügung stehen, sollten abweichende Sprachfassungen beim Kauf des Schlüsseltransfersystems mitbestellt werden.

Wesentlicher Bestandteil der Betriebsanleitung eines Schlüsseltransfersystems ist der Schlüssellaufplan.

Für Schlüsseltransfersysteme sind sowohl Mindestangaben zum System, als auch zu den einzelnen Komponenten des Systems unter Berücksichtigung der Applikation aufzuführen.

Neben den gesetzlich vorgeschriebenen Mindestangaben und den unter Abschnitt 4 genannten Auswahlkriterien, sind insbesondere folgende anwendungsbezogene Herstellerangaben zu beachten:

Angaben für Systeme:

- Verwendungshinweise bzgl. unterschiedlicher Kodierungen am selben Standort
- Spezifikation der Sicherheitsfunktion(en)
- Systembezeichnung und allgemeine Beschreibung des Systems
- Beschreibung der bestimmungsgemäßen Verwendung, inkl. Umgebungs-, Einsatzbereiche
- Angabe zu vernünftigerweise vorhersehbarer Verwendung (Fehlanwendung)
- Zeichnungen, Schaltpläne, Beschreibungen und Erläuterungen die für Verwendung, Wartung, Instandsetzung und Überprüfung/Störungsbeseitigung notwendig sind
- Anleitung zur Montage, zum Aufbau und Anschluss (inkl. Zeichnungen, Schaltplänen, Befestigung, erforderliche Kurzschlussschutzeinrichtungen, Schaltvermögen/-spannung der Ausgänge)
- Hinweise zur Inbetriebnahme und Betrieb (ggf. Hinweise zur Ausbildung/Einarbeitung/Schulung der Bediener und Bedienerinnen)
- Angabe von Restrisiken
- Angabe der Kategorie und des Performance Levels gemäß ISO 13849-1 (inkl. Angabe der Fehlerausschlüsse)
- Hinweis, dass das Gesamtkonzept (Maschine/Anlage) in welches das Schlüsseltransfersystem eingebunden wird, nach DIN EN ISO 13849-2 zu validieren ist.
- Angaben zur Funktionsprüfung
- Ggf. Hinweise, die die Risiken der Verfügbarkeit eines Generalschlüssels erörtern und die Angabe, dass und wie dieser Schlüssel sicher zu überwachen ist.

- Ggf. Hinweise, dass wenn aufgrund der Risikobewertung nicht ausgeschlossen werden kann, dass Personen im Gefahrenbereich eingeschlossen werden können, Zuhaltungen mit persönlichem Schlüssel oder gleichwertige Maßnahmen zu verwenden sind.

Angaben für Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5:

- Bezeichnung und allgemeine Beschreibung der Komponente (mit detaillierten Angaben z. B. Zuhaltekraft bei Zugangssperren)
- Angabe zu vernünftigerweise vorhersehbarer Verwendung (Fehlanwendung)
- Zeichnungen, Schaltpläne, Beschreibungen und Erläuterungen die für Verwendung, Wartung, Instandsetzung und Überprüfung/Störungsbeseitigung notwendig sind
- Anleitung zur Montage, zum Aufbau und Anschluss (inkl. Zeichnungen, Schaltplänen, Befestigung, erforderliche Kurzschlussschutzeinrichtungen, Schaltvermögen/ -spannung der Ausgänge)
- Hinweise zur Inbetriebnahme und Betrieb (ggf. Hinweise zur Ausbildung/ Einarbeitung/ Schulung der Bediener und Bedienerinnen)
- Angabe von Restrisiken
- Hinweise zur Einbindung von zeitverzögerten Schlüsselfreigaben in Bezug auf das Zeitverhalten
- Technische Daten (z. B. minimaler/maximaler Betätigungsradius, bei gebogenem oder vorgespanntem Betätiger, Maximale Betätigungszahl/ Schaltspielzahl (mechanisch, elektrisch), $MTTF_D$, PFH oder $B10_D$-Werte
- Hinweis, dass die Zugangssperre nicht als mechanischer Anschlag verwendet werden darf, außer sie ist dafür konstruiert.
- Angabe der Gebrauchslage

7.2 Schlüssellaufplan

Der Schlüssellaufplan ist Bestandteil der Betriebsanleitung. Er kann auch separat der Betriebsanleitung beigefügt sein.

Der Schlüssellaufplan stellt die Anzahl der Komponenten im Schlüsseltransfersystem und den Schlüssellauf der applikationsspezifischen Anwendung dar.

Da es keine genormten Symbole für die Funktionsdarstellungen in Schlüssellaufplänen gibt, ist die Darstellung in den nachfolgend dargestellten Schlüssellaufplänen beispielhaft. Eine jeweilige Legende erklärt die Symbolik. Abweichende Darstellungen sind jederzeit möglich.

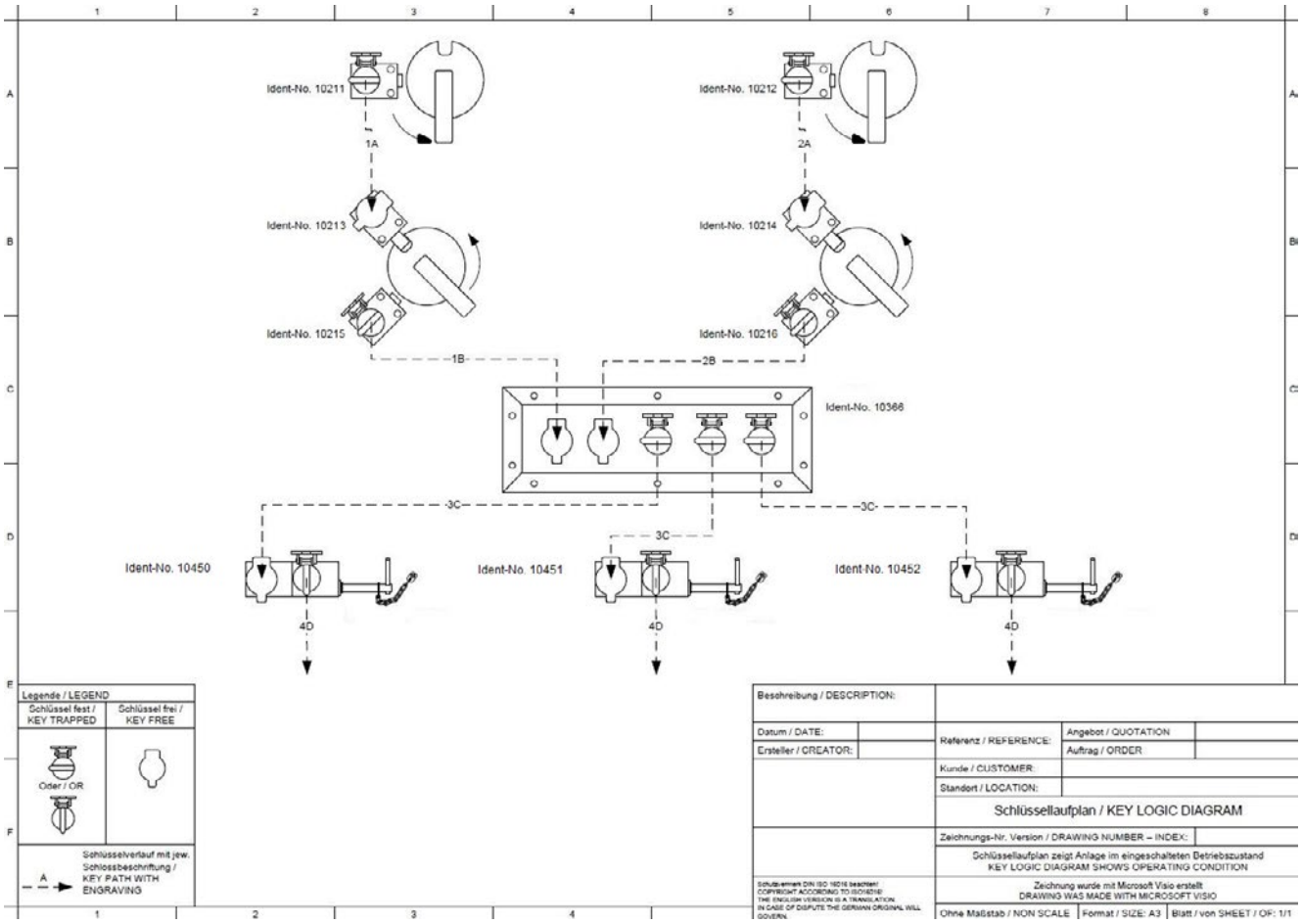


Abb. 31 Beispiel für einen Schlüssellaufplan zu einem Schlüsseltransfersystem mit mechanischen Komponenten

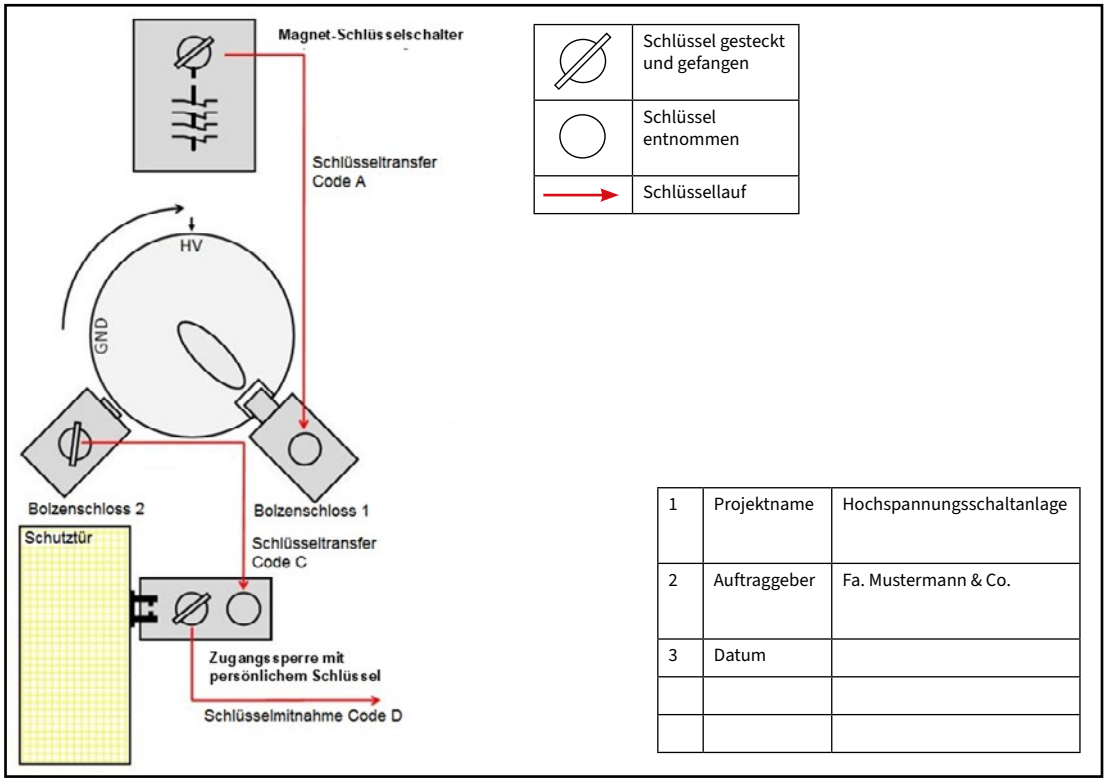


Abb. 32 Beispiel für einen Schlüssellaufplan zu einem Schlüsseltransfersystem mit mechanischen und elektromechanischen Komponenten

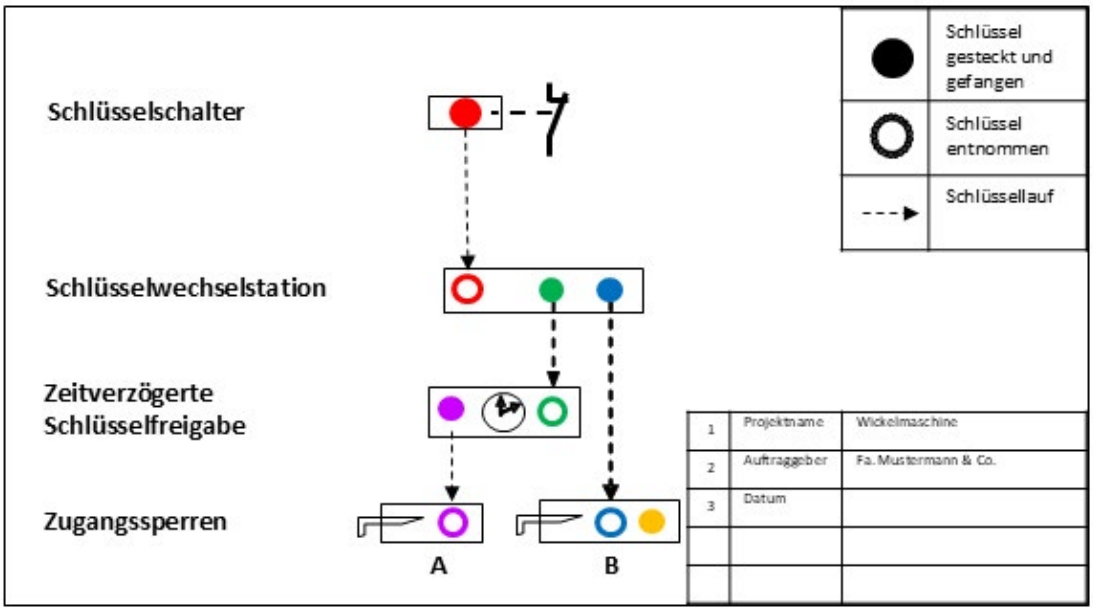


Abb. 33 Beispiel für einen Schlüssellaufplan zu einem Schlüsseltransfersystem mit hybriden Komponenten

7.3 Kennzeichnung

Zusätzlich zu den Vorgaben, bis 19. Januar 2027 aus der EG-Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) und ab 20. Januar 2027 aus der EU-Maschinenverordnung (2023/1230), muss bei einem Schlüsseltransfersystem die eindeutige Zuordnung der einzelnen Komponenten zu dem zugehörigen System erkennbar sein.

Diese Identifizierungen spielen im Störungsfall, sowie bei Kodierungsfragen, z. B. für die Ersatzteilbeschaffung eine wichtige Rolle.

Bei Zugangssperren kann zusätzlich die Zuhaltekraft auf dem Bauteil vermerkt sein oder alternativ in der Betriebsanleitung.

7.4 Konformitätserklärung

Beim Inverkehrbringen des Schlüsseltransfersystems oder einer Systemkomponente muss dem Produkt bis 19. Januar 2027 eine Konformitätserklärung nach Anhang II A der EG-Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) und ab 20. Januar 2027 eine Konformitätserklärung nach Anhang V, Teil A der EU-Maschinenverordnung (2023/1230) beigefügt sein.

Da für Schlüsseltransfersysteme derzeit keine harmonisierten Normen existieren, die die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen dieser Systeme allumfänglich beschreiben, muss bei Schlüsseltransfersystemen mit integrierten komplexen logischen Merkmalen auf der Konformitätserklärung des Systems entweder

- die benannte Stelle angegeben sein, die eine Prüfung nach europäischer Rechtsgrundlage für das System durchgeführt hat
  oder
- die benannte Stelle angegeben sein, die das umfassende Qualitätssicherungssystem zugelassen hat

aufgeführt sein.

7.5 Konfiguration von Schlüsseltransfersystemen durch den Maschinenhersteller

Bildet ein Maschinenhersteller aus einzelnen Komponenten ein Schlüsseltransfersystem und baut dieses in eine Maschine ein, so ist der Schlüssellaufplan Teil der technischen Dokumentation der Maschine.

8 Funktionsprüfungen

8.1 Systemprüfung durch den Maschinenhersteller

Im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahrens, hat der Maschinenhersteller bis 19. Januar 2027 nach EG-Maschinenrichtlinie (2006/42/EG), bzw. ab 20. Januar 2027 nach EU-Maschinenverordnung (2023/1230), unter anderem Prüfungen durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Maschine sicher betrieben werden kann. Dazu gehören auch Funktionsprüfungen und Validierungen der Sicherheitssysteme.

8.1.1 Systemvalidierung

Innerhalb des Konformitätsbewertungsverfahrens spielt die Validierung der sicherheitsrelevanten Teile der Steuerung eine besondere Rolle.

Dabei ist der vom Hersteller der Maschine ermittelte erforderliche Performance Level (PL_r) mit dem realisierten Performance Level zu vergleichen. Diese Prozess gemäß Bild 4, DIN EN ISO 13849-1 umfasst als wichtigsten Punkt die Validierung der jeweiligen Sicherheitsfunktion der Maschine, von den Sensoren zu den Aktoren. Das Schlüsseltransfersystem kann Teil dieser Kette sein oder die Sicherheitsfunktion allein realisieren.

Die Grundlagen und Ausführungsbestimmungen für die Systemvalidierung sind in der harmonisierten Norm DIN EN ISO 13849-2 aufgeführt.

Ein Beispiel für die Validierung einer einzelnen sicherheitsrelevanten Funktion ist im Anhang C aufgeführt.

8.2 Systemprüfung durch den Betreiber

Nach § 14–16 der Betriebssicherheitsverordnung hat jeder Arbeitgeber sicherzustellen, dass Arbeitsmittel auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilung

- vor der ersten Inbetriebnahme,
- innerhalb bestimmter Fristen,
- nach außergewöhnlichen Ereignissen, die schädigende Auswirkungen auf die Sicherheit haben können (z. B. Unfälle, längere Nichtbenutzung, Veränderungen oder Naturereignisse),
- nach Änderungen oder Instandsetzungen, die die Sicherheit beeinträchtigen können,

durch eine befähigte Person auf Ihren sicheren Betrieb geprüft werden.

Speziell die an der Maschine/ Anlage angebrachten Schutzeinrichtungen unterliegen den vorgenannten Prüfungen. Das Prüfintervall, sowie Art und Umfang der Prüfungen muss vom Arbeitgeber innerhalb der durchzuführenden Gefährdungsbeurteilung nach § 3 Betriebssicherheitsverordnung ermittelt werden. Dabei sind die Höchstfristen für bestimmte Einrichtungen (Krane, Flüssiggasanlagen, Maschinentechnische Arbeitsmittel der Veranstaltungstechnik, Überwachungsbedürftige Anlagen) zu beachten.

Die befähigte Person, die die Prüfungen durchführt, muss durch ihre Berufsausbildung, ihre Berufserfahrung und ihre zeitnahe berufliche Tätigkeit über die erforderlichen Fachkenntnisse zu diesen Arbeitsmitteln verfügen.

Dies können Personen des eigenen Unternehmens oder externe Dienstleister sein.

Nach erfolgter Prüfung sind die Ergebnisse aufzuzeichnen und mindestens bis zur nächsten Prüfung aufzubewahren. Auf Verlangen können die zuständigen Arbeitsschutzbehörden diese Ergebnisse einsehen.

8.2.1 Prüfungen vor der ersten Inbetriebnahme (§ 14 Abs. 1, § 15, BetrSichV)

Im Rahmen einer vollständigen Prüfung sollte der Betreiber der Maschine mindestens die nachfolgenden Punkte für Schlüsseltransfersysteme berücksichtigen:

- Ordnungsgemäße Befestigung aller Komponenten
- Prüfung der Schutzstellung und der sicheren Zuhaltung der trennenden Schutzeinrichtung
- Prüfung des funktionalen Ablaufs des Schlüsseltransfersystems
- Prüfung der Kodierung/Schlüsselreihenfolge
- Prüfung bezüglich Umgehens (siehe DIN EN ISO 14119)
- Prüfung der zeitverzögerten Schlüsselfreigaben und des zeitlichen Ablaufs des Schlüsseltransfers in Bezug auf den Maschinennachlauf
- Prüfung, ob alle Schlüssel sich während des Maschinenlaufs in gesicherter Stellung befinden und nicht entfernt werden können
- Prüfung von elektr. Überwachungsfunktionen einzelner Komponenten
- Funktionsprüfung der sicherheitsrelevanten Funktion

8.2.2 Wiederkehrende Prüfungen (§ 14 Abs. 2 ff, § 16, BetrSichV)

Wiederkehrende Prüfungen sind innerhalb bestimmter Fristen, nach außergewöhnlichen Ereignissen oder nach Änderungen/Instandsetzungen, die die Sicherheit beeinträchtigen können, durchzuführen.

Kriterien siehe Abschnitt 8.2.1.

9 Änderungen/Ergänzungen des Schlüsseltransfersystems

Sowohl gemäß Bekanntmachung des BMAS vom 09.04.2015-IIIb5-39607-3-, „Interpretationspapier zum Thema: Wesentliche Veränderung von Maschinen.“, als auch nach EU-Maschinenverordnung (2023/1230), Kapitel 2, Artikel 18 ist bei jeder Veränderung an einer Maschine zu untersuchen, ob diese eine sicherheitsrelevante Auswirkung hat.

Bei Veränderungen (z. B. Umbau, Erweiterungen) von Maschinen/ Anlagen, muss demnach das vorhandene Sicherheitskonzept dahingehend überprüft werden, ob es seine Schutzwirkung noch in vollem Umfang hinsichtlich aller Gefährdungen/Risiken erfüllt. Hierbei ist der Stand der Technik (Betriebssicherheitsverordnung, § 2 (10)) zu berücksichtigen.

Stellt sich heraus, dass durch

- neue Betriebsbedingungen
- neue Sicherheitsfunktionen
- neue Komponenten im System
- neuer Ablauf des Schlüssellaufs

Änderungen oder Ergänzungen des Schlüsseltransfersystems erforderlich sind, müssen die Auswahlkriterien entsprechend Abschnitt 4 für die Systemänderung berücksichtigt werden. Für die weitere Auswahl der Komponenten ist Abschnitt 5 zu beachten.

Nach einer Veränderung an einem Schlüsseltransfersystem hat der Betreiber sicherzustellen, dass dieses entsprechend Abschnitt 8 zu prüfen und zu validieren ist. Zusätzlich ist eine Anpassung der technischen Dokumentation (z. B. Prüfdokumentation, Schlüssellaufplan) vorzunehmen.

10 Anwendungsbeispiele

Die gezeigten Beispiele stellen Sicherheitskonzepte mit Schlüsseltransfersystemen dar.

Dabei ist in der schematischen Darstellung der Schlüssellauf zwischen den Komponenten des Systems abgebildet. Verschiedene Schlüsselkodierungen mit jeweils zugehörigen Schlössern sind farblich dargestellt.

Zusätzlich werden die im System verbauten Komponenten applikationsspezifisch gezeigt. Die Ausführung der gezeigten Komponenten ist dabei herstellerunabhängig anzusehen.

Die dargestellten Beispiele geben eine mögliche Vorgehensweise wieder, wobei primär die Einsatzmöglichkeiten von Schlüsseltransfersystemen dargestellt werden sollen. Weitere Randbedingungen als angegeben sind innerhalb der Risikobeurteilung zu berücksichtigen und können zusätzliche Maßnahmen erfordern.

Beispiel 1

Aufgabe:

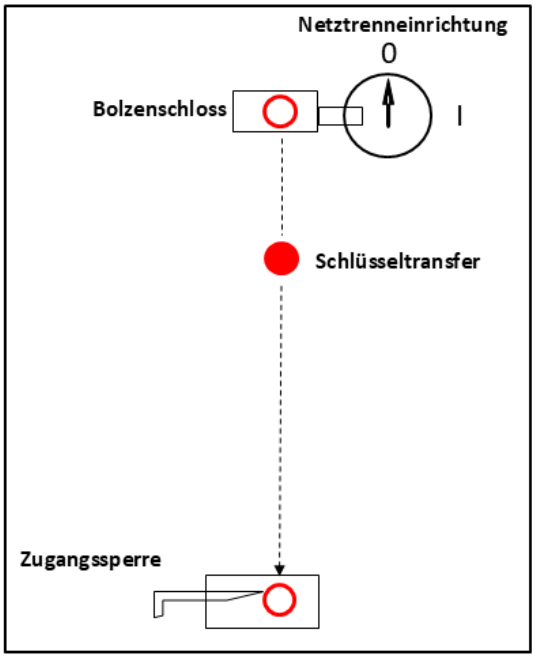
Absicherung einer Wartungsklappe an einer Maschine. Der Gefahrenbereich hinter der Wartungsklappe ist nicht betretbar. Der Eingriff in den Gefahrenbereich darf nur bei Stillstand der gefahrbringenden Bewegung erfolgen. Ein Nachlauf der gefahrbringenden Bewegung[1] findet nicht statt.

Realisierungsvorschlag:

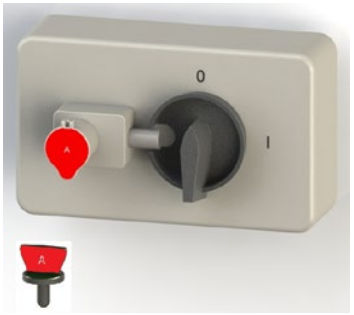
Die Absicherung erfolgt in diesem Beispiel mit Hilfe eines Schlüsseltransfersystems, bestehend aus einem Bolzenschloss und einer Zugangssperre.

Die vorhandene Netztrenneinrichtung wird durch den ausgefahrenen Bolzen eines Bolzenschlosses, in der „Aus“-Stellung blockiert. Nur in dieser Stellung kann der Schlüssel am Bolzenschloss entnommen und danach das Schloss der Zugangssperre, an der Wartungsklappe betätigt werden. Die Wartungsklappe lässt sich nun öffnen. Eine Entnahme des Schlüssels ist bei geöffneter Wartungsklappe nicht möglich. Das Wiedereinschalten der Maschine an der Netztrenneinrichtung ist nur in umgekehrter Ablauffolge möglich.

Schematische Darstellung des Schlüssellaufs:



Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5:



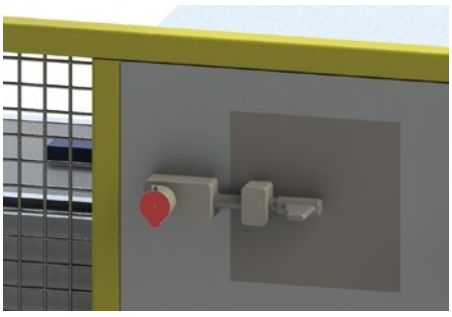


Abb. 34 Beispiel 1

1 Vgl. Abschnitt 4.1.2

Beispiel 2

Aufgabe:

Zwei Wartungsklappen an einer Maschine sollen abgesichert werden. Die Maschine darf nur durch autorisiertes Personal ausgeschaltet werden. Der Gefahrenbereich hinter den Wartungsklappen ist nicht betretbar. Der Eingriff in den Gefahrenbereich darf nur bei Stillstand der gefahrbringenden Bewegung erfolgen. Ein Nachlauf der gefahrbringenden Bewegung[2] findet nicht statt.

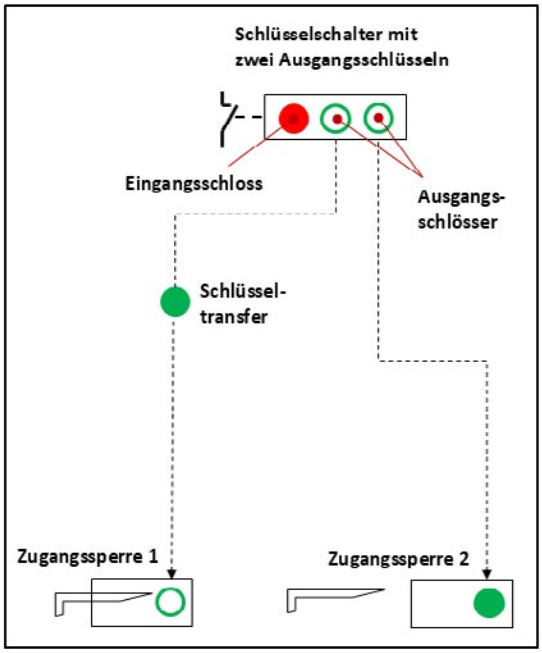
Realisierungsvorschlag:

Die Absicherung erfolgt in diesem Beispiel mit Hilfe eines Schlüsseltransfersystems, bestehend aus einem Schlüsselschalter mit einem Eingangsschlüssel und zwei Ausgangsschlüsseln und zwei Zugangssperren.

Der Eingangsschlüssel wird von dem autorisierten Personal in den Schlüsselschalter eingesteckt. Durch Betätigung des Schlüsselschalters wird die gefahrbringende Bewegung stillgesetzt.

Nur in dieser Stellung können die beiden Ausgangsschlüssel entnommen und damit die Schlösser der Zugangssperren, an den Wartungsklappen betätigt werden. Die Wartungsklappen lassen sich nun öffnen. Die Entnahme des Schlüssels ist bei geöffneter Wartungsklappe nicht möglich. Die Betätigung des Schlüsselschalters ist nur in umgekehrter Ablauffolge möglich.

Schematische Darstellung des Schlüssellaufs:



Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5:

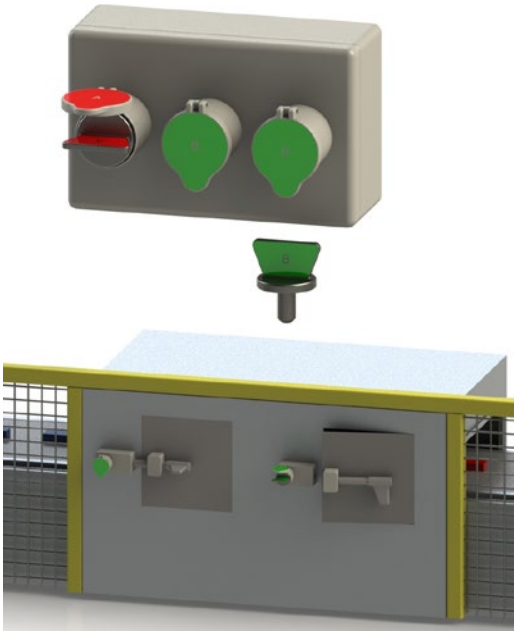


Abb. 35 Beispiel 2

2 Vgl. Abschnitt 4.1.2

Beispiel 3

Aufgabe:

Drei Zugangstüren sollen an einer Maschine abgesichert werden. Der Gefahrbereich ist durch jeden Zugang betretbar. Die gefahrbringenden Bewegungen[3] besitzen einen Nachlauf und sollen zentral stillgesetzt werden. Der Zugang darf nur bei Stillstand der gefahrbringenden Bewegungen erfolgen.

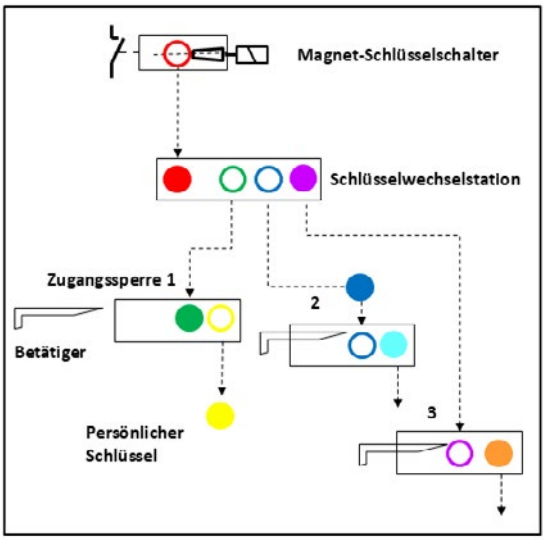
Realisierungsvorschlag:

Die Absicherung erfolgt in diesem Beispiel mit Hilfe eines Schlüsseltransfersystems, bestehend aus einem Magnet-Schlüsselschalter, einer Schlüsselwechselstation und drei Zugangssperren (jeweils mit persönlichem Schlüssel).

Der Schlüssel des Schlüsselschalters kann erst nach Beendigung der gefahrbringenden Bewegungen entnommen werden.

Mit diesem Schlüssel können in einer Schlüsselwechselstation die drei Ausgangsschlüssel freigegeben und entnommen und damit die Schlösser der Zugangssperren betätigt werden. Nach Betätigung des persönlichen Schlüssels können die Zugangstüren geöffnet werden. Der persönliche Schlüssel kann entnommen und vom Bediener, bzw. der Bedienerin mitgenommen werden. Die Entnahme des Eingangsschlüssels aus der Zugangssperre ist bei geöffneter Zugangstür oder entnommenem persönlichen Schlüssel nicht möglich. Die Betätigung des Magnetschlüsselschalters ist nur in umgekehrter Ablauffolge möglich.

Schematische Darstellung des Schlüssellaufs:



Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5:

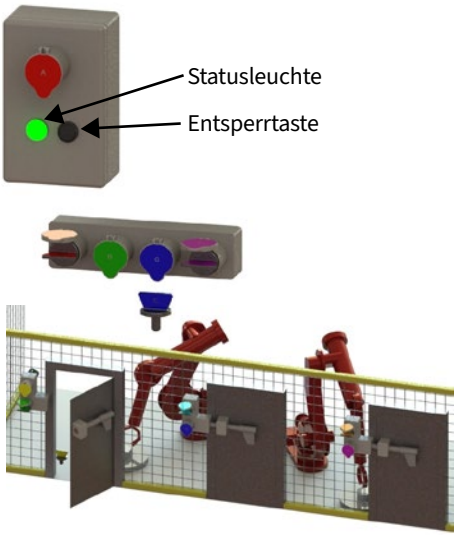


Abb. 36 Beispiel 3

3 Vgl. Abschnitt 4.1.2

Beispiel 4

Aufgabe:

Die Zugangstür an einer Maschine soll abgesichert werden. Der Gefahrenbereich ist betretbar. Die gefahrbringenden Bewegungen sollen zentral stillgesetzt werden. Der Zugang darf nur bei Stillstand der gefahrbringenden Bewegungen erfolgen. Ein Nachlauf der gefahrbringenden Bewegungen[4] findet nicht statt. Der Einrichtbetrieb soll bei geöffneter Schutztür, unter definierten Bedingungen möglich sein. Der Automatikbetrieb darf während des Einrichtbetriebs nicht möglich sein.

Realisierungsvorschlag:

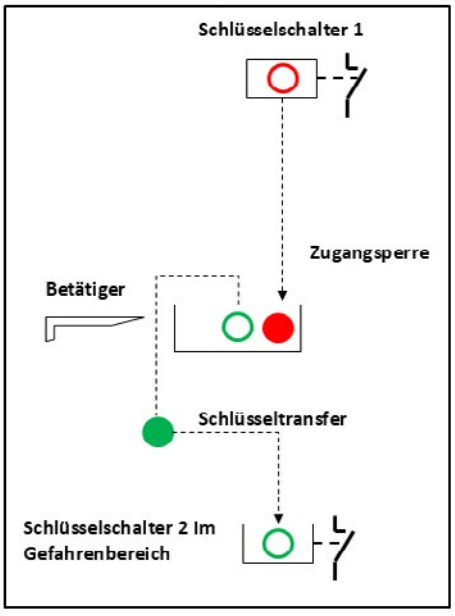
Die Absicherung erfolgt in diesem Beispiel mit Hilfe eines Schlüsseltransfersystems, bestehend aus zwei Schlüsselschaltern und einer Zugangssperre mit einem Eingangs- und einem Ausgangsschlüssel.

Durch Betätigung des Schlüsselschalters 1 wird die gefahrbringende Bewegung stillgesetzt.

Nur in dieser Stellung kann der Schlüssel entnommen und damit das Schloss der Zugangssperre, an der Zugangstür betätigt werden. Die Zugangstür lässt sich nun öffnen. Der Ausgangsschlüssel der Zugangsperre kann entnommen werden. Mit diesem Schlüssel kann jetzt der Schlüsselschalter 2, das im Gefahrenbereich angeordnet ist, betätigt werden. Der Einrichtbetrieb ist jetzt möglich.

Die Entnahme des Eingangsschlüssels aus der Zugangssperre ist bei geöffneter Zugangstür oder entnommenem Ausgangsschlüssel nicht möglich. Die Betätigung des Schlüsselschalters 1 ist nur in umgekehrter Ablauffolge möglich.

Schematische Darstellung des Schlüssellaufs:



Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5:

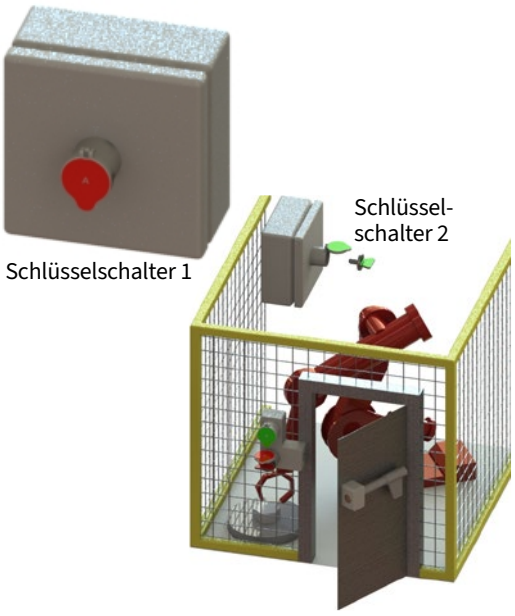


Abb. 37 Beispiel 4

4 Vgl. Abschnitt 4.1.2

Beispiel 5

Aufgabe:

Die Wartungsklappe an einer Maschine soll abgesichert werden. Der Gefahrenbereich hinter der Wartungsklappe ist nicht betretbar. Der Eingriff in den Gefahrenbereich darf nur bei Stillstand der gefahrbringenden Bewegungen (elektrisch und pneumatisch) erfolgen. Ein Nachlauf der gefahrbringenden Bewegungen[5] findet nicht statt.

Realisierungsvorschlag:

Die Absicherung erfolgt in diesem Beispiel mit Hilfe eines Schlüsseltransfersystems, bestehend aus einem Schlüsselschalter, einer Ventilverrieglung und einer Zugangssperre mit zwei Schlössern.

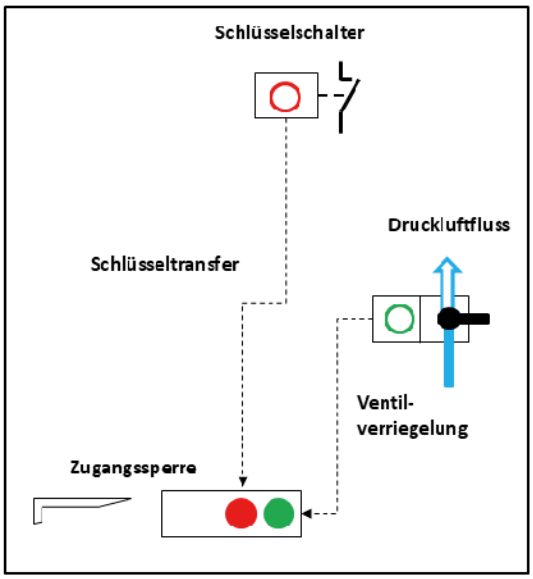
Durch Betätigung des Schlüsselschalters wird eine gefahrbringende Bewegung stillgesetzt.

Durch Betätigung der Ventilverriegelung wird eine weitere gefahrbringende Bewegung stillgesetzt.

Nur in dieser Stellung können die beiden Schlüssel entnommen und damit die Schlösser der Zugangssperre, an der Wartungsklappe betätigt werden. Die Wartungsklappe lässt sich nun öffnen. Die Entnahme der Schlüssel an der Zugangssperre ist bei geöffneter Wartungsklappe nicht möglich. Die Betätigung des Schlüsselschalters und der Ventilverriegelung ist nur in umgekehrter Ablauffolge möglich.

Eingeschlossene Druckluft/Restenergie ist je nach Anwendung unterschiedlich mit zu berücksichtigen.

Schematische Darstellung des Schlüssellaufs:



Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5:



Abb. 38 Beispiel 5

5 Vgl. Abschnitt 4.1.2

Beispiel 6

Aufgabe:

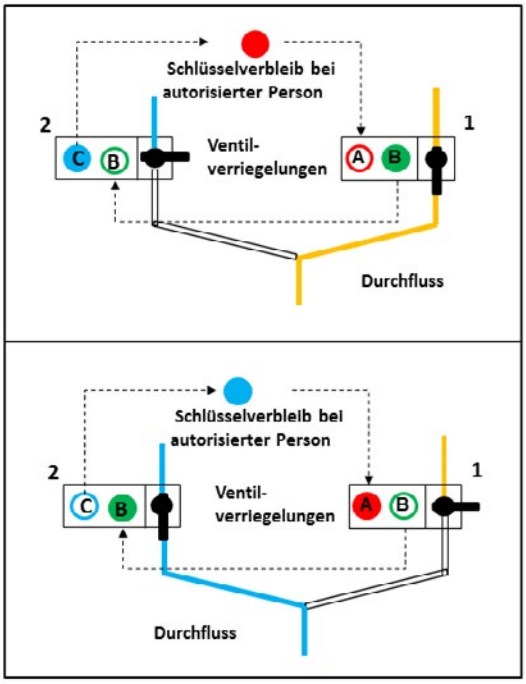
In einer Prozessanlage soll von dem einem Medium (gelb) auf das andere Medium (blau) gewechselt werden. Es soll verhindert werden, dass der Durchlass des zweiten Mediums erfolgt, bevor der Durchlass des ersten Mediums gesperrt ist.

Realisierungsvorschlag:

Die Realisierung erfolgt in diesem Beispiel mit Hilfe eines Schlüsseltransfersystems, bestehend aus zwei Ventilverriegelungen mit jeweils einem Ein- und Ausgangsschloss, sowie drei Schlüsseln.

Schlüssel A (rot) wird von einem autorisierten Mitarbeiter mitgebracht. Mit diesem Schlüssel wird die Ventilverriegelung 1 betätigt und das Ventil kann geschlossen werden (Durchlass für gelbes Medium gesperrt). Im geschlossenen Zustand ist Schlüssel A gefangen und Schlüssel B (grün) freigegeben. Nach Entnahme von Schlüssel B ist das Ventil in geschlossener Stellung gesperrt und Ventilverriegelung 2 wird mit Schlüssel B betätigt. Das Ventil kann geöffnet werden (Durchlass für blaues Medium frei). Im geöffneten Zustand ist Schlüssel B gefangen und Schlüssel C (blau) ist freigegeben und kann entnommen werden.

Schematische Darstellung des Schlüssellaufs:



Verriegelungseinrichtungen der Bauart 5:

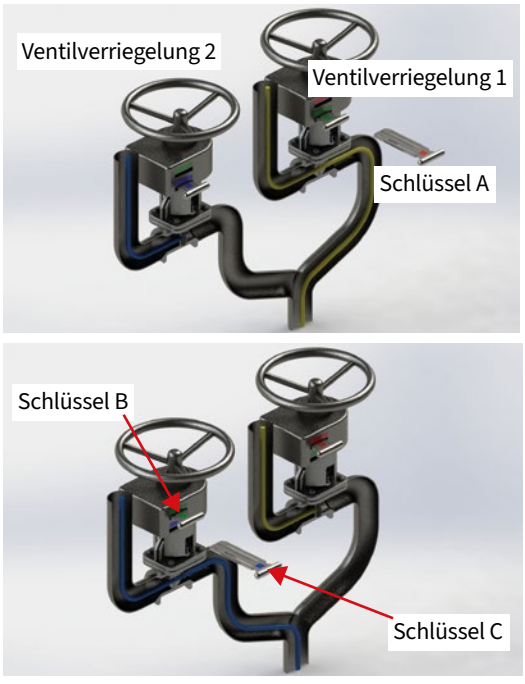


Abb. 39 Beispiel 6

11 Lockout/Tagout (LOTO)

Lockout/Tagout ist eine organisatorische Maßnahme, die, unter Verwendung von Vorhängeschlössern, ein Betätigen von Bedienelementen verhindern soll.

Diese Maßnahme unterscheidet sich von Schlüsseltransfersystemen dadurch, dass kein zwangläufiger und vorgegebener Bedienablauf zwischen einzelnen Komponenten stattfinden muss.

Lockout/Tagout kann auch in einem Schutzkonzept mit einem Schlüsseltransfersystem kombiniert werden, wie das Beispiel in Abbildung 40 zeigt.

Durch die zusätzliche Sicherung ist beispielsweise im Wartungs- oder Instandhaltungsfall ein Wiedereinschalten einer Maschine oder das Verschließen von Schutztüren erst möglich, wenn alle Vorhängeschlösser entfernt wurden.



Abb. 40 Beispielhafte Lockout/Tagout-Maßnahme: Mit Vorhängeschlössern gesicherte Staubkappen (gelb) einer Schlüsselwechselstation verhindern das Einstecken der Schlüssel. Schließbügel ermöglichen das Anbringen mehrerer Vorhängeschlösser (vergl. Abb. 41).



Abb. 41 Beispiel eines Schließbügels für bis zu drei Vorhängeschlösser, der erst nach Entfernen aller Schlösser geöffnet werden kann.

Da Lockout/Tagout willensabhängig ist, kann ein versehentliches oder bewusstes Auslassen von Bedienschritten nicht völlig ausgeschlossen werden.

Gemäß EG-Maschinenrichtlinie (2006/42/EG), Anhang I, Abs. 1.1.2 bzw. EU-Maschinenverordnung (2023/ 1230), Anhang III, Abs. 1.1.2 sind organisatorische Maßnahmen erst zu wählen, wenn die vollständige Wirkung durch die getroffenen technischen Schutzmaßnahmen nicht erzielt werden kann.

Beim Einsatz von Lockout/Tagout ist sicherzustellen, dass die vorgesehene Funktionsfähigkeit des Schlüsseltransfersystems nicht beeinträchtigt wird.

Anhang
Zusatzinformationen

A Umgebungsbedingungen

- Explosionsgefährdete Bereiche
  Bei Schlüsseltransfersystemen funktioniert der größte Teil der verwendeten Komponenten rein mechanisch, also ohne elektrische Energie. Dadurch können die Systeme für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen besonders geeignet sein.
  Falls für das Stillsetzen einer Maschine elektrische Schalter notwendig sind, können diese häufig außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs platziert oder in geeigneten Gehäusen montiert werden.
- Temperaturen, Temperaturwechsel
  Bei besonders hohen bzw. niedrigen Temperaturen sind mechanische Schlüsseltransfersysteme besonders geeignet, da keine elektronischen Komponenten vorhanden sind, die von diesen Temperaturen negativ beeinflusst werden könnten. Gleiches gilt bei Temperaturwechsel, die zu Betauung führen können.
- Hygiene
  Für Anwendungen zum Beispiel im Lebensmittelbereich sind Schlüsseltransfersysteme verfügbar, die in Edelstahl gefertigt sind. Diese sind unempfindlich gegen Wasser und Reinigungsmittel.
- Staub, Schmutz
  Für Anwendungen in besonders staubigen bzw. schmutzigen Umgebungen (Stahlwerk, Gießerei, Zementwerk usw.) sind Schlüsseltransfersysteme verfügbar, die auch unter diesen Umgebungsbedingungen eine hohe Verfügbarkeit und sichere Funktion gewährleisten.
- Stoß- und Schlagbelastung
  Auf Grund der mechanischen Konstruktion verfügen Schlüsseltransfersysteme über eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren mechanischen Einwirkungen, wie zum Beispiel Stoßen, Anfahren, Steinschlag.

B Organisation

- Ausgabeformular Generalschlüssel (Beispiel)

Tabelle 1

Maschinennummer:		Standort:		Verantwortliche für Schlüsselausgabe:		
Ausgabegrund	General-schlüssel-nummer	Datum der Ausgabe	Empfänger/in	Unterschrift Empfänger/in	Datum der Rückgabe	Unterschrift Verantwortliche/r

- Formular für die Kodierungsverwaltung (Beispiel)

Tabelle 2

Hersteller des Schlüsseltransfersystems:			Hersteller des Schlüsseltransfersystems:		
Maschine	Maschinen-nummer	Schlüsselkode (Kennung)	Maschine	Maschinen-nummer	Schlüsselkode (Kennung)

C Beispiel für die Ermittlung eines Performance Levels am Beispiel einer sicherheitsrelevanten Funktion

Anmerkung: Die Grundlagen und Ausführungsbestimmungen für die Ermittlung sind in der harmonisierten Norm DIN EN ISO 13849-1: 2023-12 aufgeführt.

Zwei Wartungsklappen an einer Maschine sollen abgesichert werden (siehe Beispiel 2, Abschnitt 10). Die Maschine darf nur durch autorisiertes Personal ausgeschaltet werden. Der Gefahrenbereich hinter den Wartungsklappen ist nicht betretbar. Der Eingriff in den Gefahrenbereich darf nur bei Stillstand der gefahrbringenden Bewegung erfolgen. Ein Nachlauf der gefahrbringenden Bewegung[6] findet nicht statt.

Die Risikobeurteilung hat ergeben, dass für die Realisierung der sicherheitsrelevanten Funktion: „Ein Öffnen der beiden Wartungsklappen ist erst nach Stillstand der gefahrbringenden Bewegungen möglich“ ein Performance Level c erforderlich ist (PLr = c).

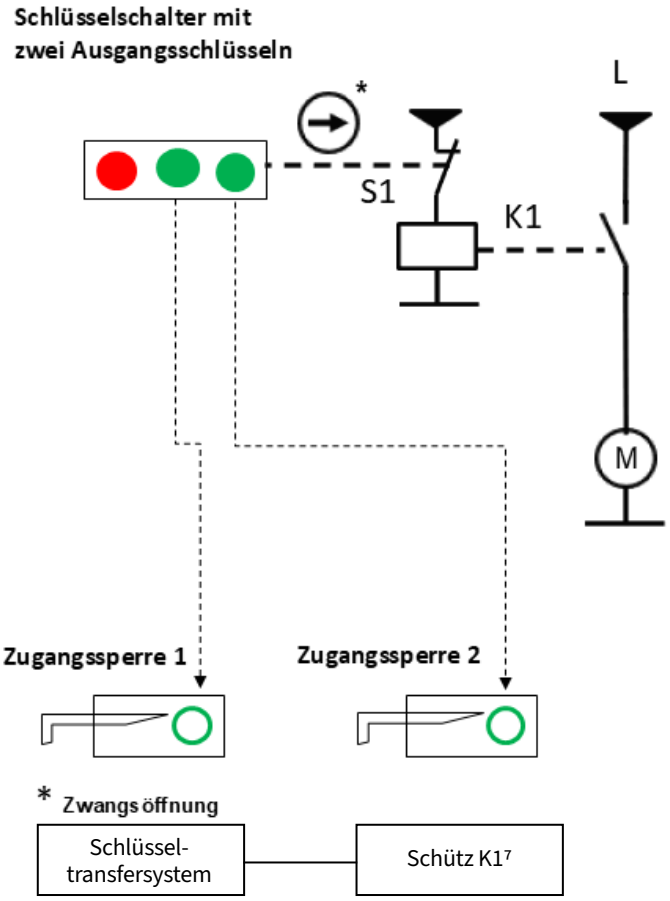


Abb. 42 Schaltschema und Blockschaltbild

6 Vgl. Abschnitt 4.1.2

Folgende Kriterien wurden bei der Ermittlung des Performance Levels für den sicherheitsgerichteten Teil der Steuerung zu Grunde gelegt:

- $B10_D$-Wert des Schützes = 1,3 Mio. (DIN EN ISO 13849-1: 2023-12, Tab. C1)
- n_{op} = 100 Zyklen/Jahr (Ca. 2 x pro Woche. Aus der Applikation ermittelt)
- $PL_{Schlüsseltransfersystem}$ = c (Vom Lieferant des Schlüsseltransfersystems)

Die Berechnung der $MTTF_D$ für das Schütz ergibt:
130 000 Jahre
(gemäß DIN EN ISO 13849-1: 2023-12, begrenzt auf 100 Jahre)

Unter Berücksichtigung von:
DC_{avg} = 0
CCF nicht relevant (Einkanaligkeit)

Kategorie 1
(Unter Verwendung von:
hoher $MTTF_D$,
grundlegender und bewährter Sicherheitsprinzipien,
bewährter Bauteile)
entspricht dies einem Performance Level = c für das Schütz[7]
(gemäß DIN EN ISO 13849-1: 2023-12, Tab. K1)

Aus DIN EN ISO 13849-1: 2023-12, Tab. 9 lässt sich der Performance Level für den sicherheitsgerichteten Teil der Steuerung ermitteln.

Die $PFH_{Schütz}$ und die $PFH_{Schlüsseltransfersystem}$ entsprechen jeweils einem PL = c.

Das ergibt einen Gesamt PL von c.

7 Das Schütz wird als Subsystem betrachtet

Literaturverzeichnis

Nachstehend sind die insbesondere zu beachtenden einschlägigen Vorschriften, Regeln und Informationen zusammengestellt.

Gesetze, Verordnungen

Bezugsquelle: Buchhandel und Internet: z. B. www.gesetze-im-internet.de

- Amtsblatt der Europäischen Union (2023): Verordnung (EU) 2023/1230 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2023 über Maschinen und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und der Richtlinie 73/361/EWG des Rates
- Amtsblatt der Europäischen Union (2006): Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)
- Leitfaden zur Anwendung der Maschinenrichtlinie (2006/42/EG), Auflage 2.3 – April 2024
- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Bet riebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Juli 2015 (BGBl. I S. 1187)
- Bekanntmachung des BMAS vom 09.04.2015-IIIb5-39607-3-, „Interpretationspapier zum Thema: Wesentliche Veränderung von Maschinen."

DGUV Test Prüfgrundsätze

Bezugsquelle: DGUV Test Prüf- und Zertifizierungsstelle Elektrotechnik

- GS-ET-31 (2025-11): Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von Schlüsseltransfersystemen; DGUV Test Prüf- und Zertifizierungsstelle Elektrotechnik Fachbereich ETEM

Normen und Richtlinien

Bezugsquelle: DIN Media GmbH, Am DIN-Platz, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin

- DIN EN ISO 12100:2011-03 „Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung"
- DIN EN ISO 13849-1:2023-12 „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze"
- DIN EN ISO 13849-2:2013-02 „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 2: Validierung"
- DIN EN ISO 14119:2025-09 „Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl"

Sonstiges

Mannheimer Verein zur internationalen Förderung der Maschinen- und Systemsicherheit e.V. Sektion Maschinen- und Systemsicherheit der IVSS; www.stop-defeating.org, www.stopp-manipulation.org (11.09.2012)

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de