

**Sicherheitsfunktionen an Tafelscheren  
 unter Berücksichtigung der DIN EN ISO 13849**

Sachgebiet Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation  
 Stand: 21.07.2023 ENTWURF

Für Tafelscheren zum Schneiden von Tafelmaterial, wie Blech, Pappe, Kunststoff, Gummi, Leder, sind die sicherheitstechnischen Anforderungen in der C-Norm DIN EN 13985 [1] definiert, deren Entwurf erstmals im Jahr 2000 erschienen ist. Die harmonisierte Norm ist in den steuerungsrelevanten Teilen seit 2003 bis heute gültig und basiert hinsichtlich der steuerungstechnischen Anforderungen noch auf der Norm DIN EN 954-1 [2] aus dem Jahr 1997.

Durch die Umstellung auf die neuen Normen DIN EN ISO 13849-1/-2 [3, 4] für „Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen“ kann es zu Änderungen der Steuerungsanforderungen kommen.

In der vorliegenden „Fachbereich Aktuell“ werden typische Sicherheitsfunktionen am Beispiel einer mittelgroßen Tafelschere für die Blechbearbeitung beispielhaft erläutert.



Abbildung 1 – Tafelschere mit berührungslos wirkender Schutzeinrichtung an der Bedienseite

**1 Steuerungstechnische Anforderungen**

In der C-Norm für Tafelscheren DIN EN 13985 werden im Abschnitt 5.3 die Schutzmaßnahmen gegen die „Mechanischen Gefährdungen im Werkzeugbereich“ beschrieben, im Abschnitt 5.4 die „Steuerungs- und Überwachungseinrichtungen“ und im Abschnitt 5.5 der „Einrichtbetrieb“. In den Tabellen 3 und 4 der Norm sind die Anforderungen an Schutzeinrichtungen für verschiedene Betriebsarten dargestellt. Diese Anforderungen basieren alle auf der DIN EN 954-1 aus dem Jahr 1997.

Mit der Einführung der Nachfolgenorm DIN EN ISO 13849-1 im Jahr 2006 werden die „Sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen“ hinsichtlich der Leistungsfähigkeit für eine

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Steuerungstechnische Anforderungen</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Sicherheitsfunktionen nach DIN EN ISO 13849</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Steuerungsbeispiele</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Sonstige Hinweise</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen</b>	<b>10</b>

bestimmte Zuverlässigkeit (Performance Level PL) definiert. Für die Konstruktion einer Tafelschere, die bereits die bisherigen Anforderungen der DIN EN 13985 und der DIN EN 954-1 voll erfüllt hat, dürfte sich durch die DIN EN ISO 13849-1 und -2 wenig Änderungsbedarf ergeben. Herstellende von Tafelscheren müssen dies dennoch überprüfen.

Spätestens bei der Überarbeitung der C-Norm für Tafelscheren und deren Inkrafttreten müssen die Sicherheitsfunktionen und die Sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen nach DIN EN ISO 13849 berücksichtigt werden. Dazu sind die Sicherheitsfunktionen zu den gefahrbringenden Maschinenbewegungen aufzustellen und die nach DIN EN ISO 13849 erforderlichen „Performance Level“ PL<sub>r</sub> der Steuerung festzulegen.

Mit dem Inkrafttreten einer künftigen neuen C-Norm für Tafelscheren können diese erforderlichen PL<sub>r</sub> in Verbindung mit einer Steuerungskategorie vorgegeben sein. Herstellende von Tafelscheren müssen in den technischen Unterlagen den Nachweis hinterlegen, dass die hydraulische, pneumatische und elektrische/elektronische Steuerung ihrer Tafelschere die steuerungstechnischen Anforderungen und den Performance Level PL<sub>r</sub> erfüllt.

## 2 Sicherheitsfunktionen nach DIN EN ISO 13849

Es gibt verschiedenste Ausführungen von Tafelscheren, die hier nicht alle betrachtet werden können. Zudem verfügen Tafelscheren noch über zahlreiche komfortable Hilfs- oder Nebenfunktionen. Alle Maschinenfunktionen mit gefahrbringenden Bewegungen sind bei der Risikobeurteilung mitzubetrachten. Die Maschinenrichtlinie und das System der harmonisierten europäischen Typ-A- und -B-Normen lassen ausreichend Gestaltungsraum für die Konstruktion maßgeschneiderter *individueller* Lösungen.

In der vorliegenden „Fachbereich Aktuell“ kann und soll am *Beispiel einer typischen mittelgroßen Tafelschere* mit einigen eingebauten Komfortfunktionen dargestellt und erläutert werden, wie typische Sicherheitsfunktionen und erforderliche Performance-Level PL<sub>r</sub> aufgestellt und wie einige dieser Sicherheitsfunktionen realisiert werden können.

In Anlage 1 sind beispielhaft Sicherheitsfunktionen (SF) und erforderliche Performance-Level (PL<sub>r</sub>) für eine Tafelschere mit einigen Zusatzfunktionen dargestellt.

Die in dieser „Fachbereich AKTUELL“ gezeigten Lösungen wurden mit dem Institut für Arbeitsschutz IFA erarbeitet, stellen jedoch keine verpflichtende Vorgabe für Herstellende dar.

Je nach Konstruktion einer Tafelschere und deren Zusatzfunktionen können gegebenenfalls weitere Sicherheitsfunktionen erforderlich sein. Die Anforderungen an Tafelscheren sind der gültigen C-Norm zu entnehmen.

## 3 Steuerungsbeispiele

Aus der Liste der in Anlage 1 genannten Sicherheitsfunktionen (SF) zur Beispiel-Tafelschere werden in dieser „Fachbereich AKTUELL“ einige ausgewählte wichtige SF ausführlicher erläutert. Diese Teilmenge umfasst die SF 1a, 1b, 3a, 3b, 3c, 5a, 5b, 7a, 7b, 7c, 9a und 9b.

Im Folgenden werden diese ausgewählten Sicherheitsfunktionen mit elektrohydraulischer, elektropneumatischer und elektrischer Steuerung betrachtet. Die Beispiele beinhalten jeweils

- eine Funktionsbeschreibung,
- die konstruktiven Merkmale,
- das sicherheitsbezogene Blockdiagramm und
- die Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit.

### 3.1 Sicherheitsfunktionen Bedienseite

Im Folgenden werden die für die Bedienseite ausgewählten Sicherheitsfunktionen aus Anlage 1 detailliert dargestellt. Abbildung 2 zeigt ein Prinzipschaltbild des elektrohydraulischen Teils einer Steuerung für eine Tafelschere. Hier werden nur die Bauteile berücksichtigt, die für die Ausführung der ausgewählten SF erforderlich sind.

#### 3.1.1 Sicherheitsfunktionen SF1a und SF1b

„Sicherer Stopp und Schutz vor unerwartetem Anlauf des Niederhalters.“

Ein Eindringen in das Schutzfeld des Lichtgitters (Bedienseite) führt zu einem Stillsetzen der gefahrbringenden Bewegung und verhindert einen unerwarteten Anlauf; PL<sub>r</sub> e.

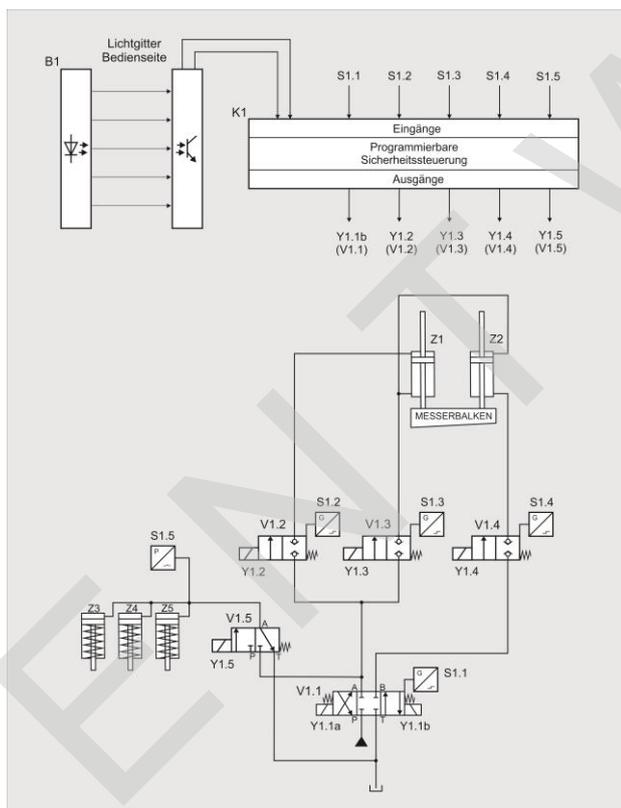


Abbildung 2 – Prinzipschaltplan der elektrohydraulischen Steuerung

#### Funktionsbeschreibung:

- Das Ausgangssignal des Lichtgitters B1 wird zweikanalig in die Sicherheits-SPS K1 eingelesen. Bei Eingriff in das Schutzfeld wird über K1 die Ansteuerung der hydraulischen Wegeventile weggenommen.
- Die Niederhalter (hier Z3, Z4, Z5) werden zweikanalig durch die Wegeventile V1.1 und V1.5 gesteuert.
- Der einzelne Ausfall eines der genannten Ventile führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.
- Beide Wegeventile werden zyklisch angesteuert.
- Das Wegeventil V1.1 ist mit einer direkten Stellungsüberwachung (S1.1) ausgeführt. Die Funktion des Wegeventils V1.5 wird durch den Druckschalter S1.5 überwacht. Der Ausfall jedes der beiden Wegeventile wird erkannt; nach einem Fehler wird das Einleiten der nächsten gefahrbringenden Bewegung verhindert.

#### Konstruktive Merkmale

- Grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien sowie die Anforderungen der Kategorie B werden eingehalten.
- Fehler in den Anschlussleitungen von B1 und K1 dürfen sich nicht gefährlich auswirken. Auftretende Fehler werden erkannt und der sichere Zustand wird eingeleitet.
- Bei dem Lichtgitter B1 und der Sicherheits-SPS K1 handelt es sich um geprüfte Sicherheitsbauteile für den Einsatz in PL<sub>r</sub> e, die der Kategorie 4 und den jeweiligen Produktnormen entsprechen.
- Die Programmierung der Software (SRASW) erfolgt entsprechend den Anforderungen für PL<sub>r</sub> e.
- Die Wegeventile V1.1 und V1.5 haben Sperr-Mittelstellung mit ausreichender positiver Überdeckung, Federzentrierung oder -rückstellung.

- Die sicherheitsgerichtete Schaltstellung wird jeweils durch Wegnahme des Steuersignals erreicht.

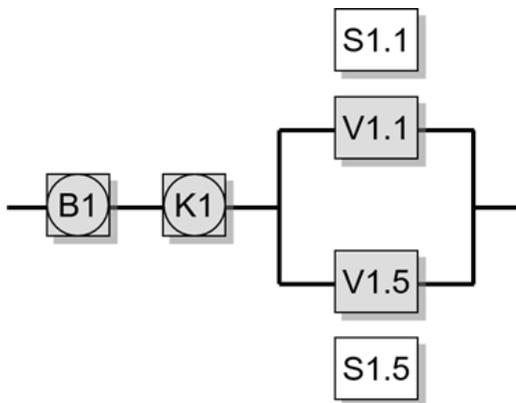


Abbildung 3 – Sicherheitsbezogenes Blockdiagramm für SF1a und SF1b

Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit

- Das Lichtgitter B1 und die Sicherheits-SPS K1 sind zertifizierte Sicherheitsbauteile, deren Ausfallwahrscheinlichkeiten von den Herstellenden angegeben werden (B1:  $PFH_D = 6,4 \cdot 10^{-9}/\text{Stunde [H]}$ , K1:  $PFH_D = 3,2 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde [H]}$ ).
- Für die Wegevventile V1.1 und V1.5 wird jeweils eine  $MTTF_D$  von 150 Jahren angenommen [H]. Damit ergibt sich insgesamt ein symmetrisierter  $MTTF_D$ -Wert von 150 Jahren für die beiden Kanäle, gekürzt auf 100 Jahre („hoch“).
- Für die Wegevventile V1.1 und V1.5 wird jeweils ein  $DC = 99 \%$  angenommen. Dieser Wert beruht auf der direkten Überwachung des Schaltzustands und der Plausibilitätsprüfung des Druckschaltersignals. Durch Mittelung ergibt sich damit ein  $DC_{avg}$  von ebenfalls  $99 \%$  („hoch“).
- Es werden ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (CCF) getroffen.
- Die Kombination der Steuerungselemente im hydraulischen Teil entspricht Kategorie 4 mit hoher  $MTTF_D$  und hohem  $DC_{avg}$  ( $99 \%$ ). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von  $1,6 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde}$ . Das entspricht PL e.

- Die mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle für die gesamte Sicherheitsfunktion beträgt:  $PFH_D = (0,64 + 3,2 + 1,6) \cdot 10^{-8}/\text{Stunde} = 5,4 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde}$ . Das entspricht PL e.

**3.1.2 Sicherheitsfunktionen SF3a und SF3b**

„Sicherer Stopp und Schutz vor unerwartetem Anlauf des Messerbalkens.“

Ein Eindringen in das Schutzfeld des Lichtgitters (Bedienseite) führt zu einem Stillsetzen der gefahrbringenden Bewegung und verhindert einen unerwarteten Anlauf; PL<sub>r</sub> e.

Funktionsbeschreibung:

- Das Ausgangssignal des Lichtgitters B1 wird zweikanalig in die Sicherheits-SPS K1 eingelesen. Bei Eingriff in das Schutzfeld wird über K1 die Ansteuerung der hydraulischen Wegevventile weggenommen.
- Der Messerbalken wird zweikanalig durch die Wegevventile V1.1, V1.2 und V1.4 gesteuert.
- Der einzelne Ausfall eines der genannten Ventile führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.
- Alle Wegevventile werden zyklisch angesteuert.
- An allen Wegevventilen ist jeweils eine direkte Stellungsüberwachung (S1.1, S1.2 und S1.4) vorgesehen. Der Ausfall jedes der Wegevventile wird erkannt; nach einem Fehler wird das Einleiten der nächsten gefahrbringenden Bewegung verhindert.

Konstruktive Merkmale:

- Grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien sowie die Anforderungen der Kategorie B werden eingehalten.
- Fehler in den Anschlussleitungen von B1 und K1 dürfen sich nicht gefährlich auswirken. Hierzu werden auftretende Fehler erkannt und der sichere Zustand wird eingeleitet.
- Bei dem Lichtgitter B1 und der Sicherheits-SPS K1 handelt es sich um geprüfte Sicherheitsbauteile für den Einsatz in PL e, die der

- Kategorie 4 und den jeweiligen Produktnormen entsprechen.
- Die Programmierung der Software (SRASW) erfolgt entsprechend den Anforderungen für PL e.
- Die Wegeventile V1.1, V1.2 und V1.4 haben Sperr-Mittelstellung mit ausreichender positiver Überdeckung, Federzentrierung oder -rückstellung.
- Die sicherheitsgerichtete Schaltstellung wird jeweils durch Wegnahme des Steuersignals erreicht.

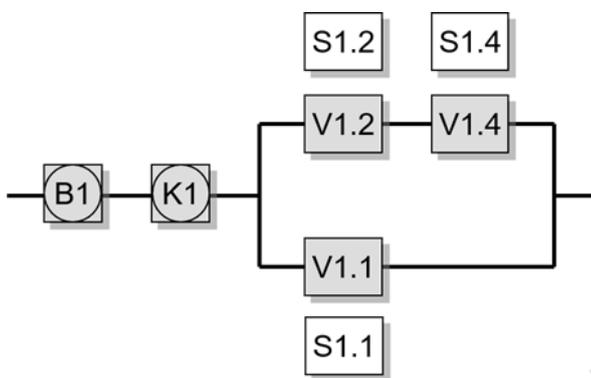


Abbildung 4 – Sicherheitsbezogenes Blockdiagramm zu SF3a und SF3b

Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit:

- Das Lichtgitter B1 und die Sicherheits-SPS K1 sind zertifizierte Sicherheitsbauteile, deren Ausfallwahrscheinlichkeiten von den Herstellenden angegeben werden (B1:  $PFH_D = 6,4 \cdot 10^{-9}/\text{Stunde [H]}$ , K1:  $PFH_D = 3,2 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde [H]}$ ).
- Für die Wegeventile V1.1, V1.2 und V1.4 wird jeweils eine  $MTTF_D$  von 150 Jahren angenommen [H]. Damit ergibt sich insgesamt ein symmetrisierter  $MTTF_D$ -Wert von 117 Jahren für die beiden Kanäle, gekürzt auf 100 Jahre („hoch“).
- Für die Wegeventile V1.1, V1.2 und V1.4 wird jeweils ein  $DC = 99\%$  angenommen. Dieser Wert beruht auf der direkten Überwachung des Schaltzustands. Durch Mittelung ergibt sich damit ein  $DC_{avg}$  von ebenfalls  $99\%$  („hoch“).

- Es werden ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (CCF) getroffen.
- Die Kombination der Steuerungselemente im hydraulischen Teil entspricht Kategorie 4 mit hoher  $MTTF_D$  und hohem  $DC_{avg}$  ( $99\%$ ). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von  $2,1 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde}$ . Das entspricht PL e.
- Die mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle für die gesamte Sicherheitsfunktion beträgt:  $PFH_D = (0,64 + 3,2 + 2,1) \cdot 10^{-8}/\text{Stunde} = 5,9 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde}$ . Das entspricht PL e.

**3.1.3 Sicherheitsfunktion SF 3c**

„Schutz vor Absinken des Messerbalkens durch Eigengewicht.“

Ein Eindringen in das Schutzfeld des Lichtgitters (Bedienseite) führt zu einem Stillsetzen der gefahrbringenden Bewegung und verhindert das unerwartete Absinken; PL<sub>r</sub> e.

Funktionsbeschreibung:

- Das Ausgangssignal des Lichtgitters B1 wird zweikanalig in die Sicherheits-SPS K1 eingelesen. Bei Eingriff in das Schutzfeld wird über K1 die Ansteuerung der hydraulischen Wegeventile weggenommen.
- Der Messerbalken wird zweikanalig durch die Wegeventile V1.1, V1.5 und V1.3, V1.4 in Position gehalten.
- Der einzelne Ausfall eines der genannten Ventile führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.
- Alle Wegeventile werden zyklisch angesteuert.
- An den Wegeventilen V1.1, V1.3 und V1.4 ist jeweils eine direkte Stellungsüberwachung (S1.1, S1.3 und S1.4) vorgesehen. Die Funktion des Wegeventils V1.5 wird durch den Druckschalter S1.5 überwacht. Der Ausfall jedes der Wegeventile wird erkannt; nach einem Fehler wird das Einleiten der nächsten gefahrbringenden Bewegung verhindert.

Konstruktive Merkmale:

- Grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien sowie die Anforderungen der Kategorie B werden eingehalten.
- Fehler in den Anschlussleitungen von B1 und K1 dürfen sich nicht gefährlich auswirken. Auftretende Fehler werden erkannt und der sichere Zustand wird eingeleitet.
- Bei dem Lichtgitter B1 und der Sicherheits-SPS K1 handelt es sich um geprüfte Sicherheitsbauteile für den Einsatz in PL e, die der Kategorie 4 und den jeweiligen Produktnormen entsprechen.
- Die Programmierung der Software (SRASW) erfolgt entsprechend den Anforderungen für PL e.
- Die Wegeventile V1.1, V1.3, V1.4 und V1.5 haben Sperr-Mittelstellung mit ausreichender positiver Überdeckung, Federzentrierung oder -rückstellung.
- Die sicherheitsgerichtete Schaltstellung wird jeweils durch Wegnahme des Steuersignals erreicht.

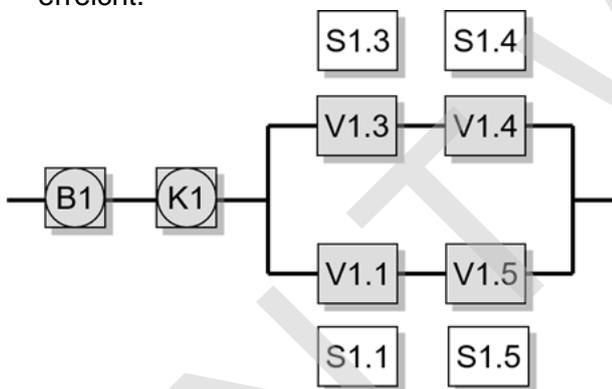


Abbildung 5 – Sicherheitsbezogenes Blockdiagramm zu SF3c

Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit:

- Das Lichtgitter B1 und die Sicherheits-SPS K1 sind zertifizierte Sicherheitsbauteile, deren Ausfallwahrscheinlichkeiten von den Herstellenden angegeben werden (B1:  $PFH_D = 6,4 \cdot 10^{-9}/\text{Stunde [H]}$ , K1:  $PFH_D = 3,2 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde [H]}$ ).
- Für die Wegeventile V1.1, V1.3, V1.4 und V1.5 wird jeweils eine  $MTTF_D$  von 150 Jahren angenommen [H]. Damit ergibt sich

insgesamt ein symmetrisierter  $MTTF_D$ -Wert von 75 Jahren („hoch“) für die beiden Kanäle.

- Für die Wegeventile V1.1, V1.3, V1.4 und V1.5 wird jeweils ein  $DC = 99\%$  angenommen. Dieser Wert beruht auf der direkten Überwachung des Schaltzustands und der Plausibilitätsprüfung des Druckschaltersignals. Durch Mittelung ergibt sich damit ein  $DC_{avg}$  von ebenfalls  $99\%$  („hoch“).
- Es werden ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (CCF) getroffen
- Die Kombination der Steuerungselemente im hydraulischen Teil entspricht Kategorie 4 mit hoher  $MTTF_D$  und hohem  $DC_{avg}$  ( $99\%$ ). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von  $3,4 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde}$ . Das entspricht PL e.
- Die mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle für die gesamte Sicherheitsfunktion beträgt:  $PFH_D = (0,64 + 3,2 + 3,4) \cdot 10^{-8}/\text{Stunde} = 7,2 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde}$ . Das entspricht PL e.

**3.1.4 Sicherheitsfunktionen SF5a und SF5b**

„Sicherer Stopp und Schutz vor unerwartetem Anlauf der Schnittwinkelverstellung“.

Ein Eindringen in das Schutzfeld des Lichtgitters (Bedienseite) führt zu einem Stillsetzen der gefahrbringenden Bewegung und verhindert einen unerwarteten Anlauf; PLr e.

Funktionsbeschreibung:

- Das Ausgangssignal des Lichtgitters B1 wird zweikanalig in die Sicherheits-SPS K1 eingelesen. Bei Eingriff in das Schutzfeld wird über K1 die Ansteuerung der hydraulischen Wegeventile weggenommen.
- Der Messerbalken wird zweikanalig durch die Wegeventile V1.1, V1.3 und V1.4 gesteuert.
- Der einzelne Ausfall eines der genannten Ventile führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.
- Alle Wegeventile werden zyklisch angesteuert.

- An allen Wegeventilen ist jeweils eine direkte Stellungsüberwachung (S1.1, S1.3 und S1.4) vorgesehen. Der Ausfall jedes der Wegeventile wird erkannt; nach einem Fehler wird das Einleiten der nächsten gefahrbringenden Bewegung verhindert.

Konstruktive Merkmale:

- Grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien sowie die Anforderungen der Kategorie B werden eingehalten.
- Fehler in den Anschlussleitungen von B1 und K1 dürfen sich nicht gefährlich auswirken. Hierzu werden auftretende Fehler erkannt und der sichere Zustand wird eingeleitet.
- Bei dem Lichtgitter B1 und der Sicherheits-SPS K1 handelt es sich um geprüfte Sicherheitsbauteile für den Einsatz in PL e, die der Kategorie 4 und den jeweiligen Produktnormen entsprechen.
- Die Programmierung der Software (SRASW) erfolgt entsprechend den Anforderungen für PL e.
- Die Wegeventile V1.1, V1.3 und V1.4 haben Sperr-Mittelstellung mit ausreichender positiver Überdeckung, Federzentrierung oder -rückstellung.
- Die sicherheitsgerichtete Schaltstellung wird jeweils durch Wegnahme des Steuersignals erreicht.

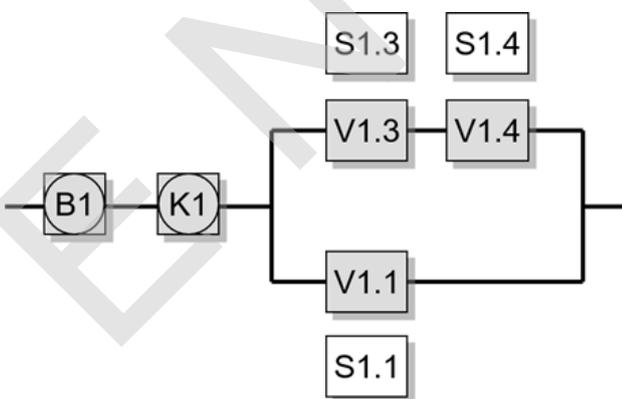


Abbildung 6 – Sicherheitsbezogenes Blockdiagramm zu SF5a und SF5b

Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit:

- Das Lichtgitter B1 und die Sicherheits-SPS K1 sind zertifizierte Sicherheitsbauteile, deren Ausfallwahrscheinlichkeiten von den Herstellenden angegeben werden (B1:  $PFH_D = 6,4 \cdot 10^{-9}/\text{Stunde [H]}$ , K1:  $PFH_D = 3,2 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde [H]}$ ).
- Für die Wegeventile V1.1, V1.3 und V1.4 wird jeweils eine  $MTTF_D$  von 150 Jahren angenommen [H]. Damit ergibt sich insgesamt ein symmetrisierter  $MTTF_D$ -Wert von 117 Jahren für die beiden Kanäle, gekürzt auf 100 Jahre („hoch“).
- Für die Wegeventile V1.1, V1.3 und V1.4 wird jeweils ein  $DC = 99 \%$  angenommen. Dieser Wert beruht auf der direkten Überwachung des Schaltzustandes. Durch Mittelung ergibt sich damit ein  $DC_{avg}$  von ebenfalls 99 % („hoch“).
- Es werden ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (CCF) getroffen.
- Die Kombination der Steuerungselemente im hydraulischen Teil entspricht Kategorie 4 mit hoher  $MTTF_D$  und hohem  $DC_{avg}$  (99 %). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von  $2,1 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde}$ . Das entspricht PL e.
- Die mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle für die gesamte Sicherheitsfunktion beträgt:  $PFH_D = (0,64 + 3,2 + 2,1) \cdot 10^{-8}/\text{Stunde} = 5,9 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde}$ . Das entspricht PL e.

**3.2 Sicherheitsfunktionen Nichtbedienseite**

Im Folgenden werden die ausgewählten Sicherheitsfunktionen (siehe Einleitung zu Abschnitt 3) aus Anlage 1 detailliert dargestellt. Abbildung 7 zeigt ein Prinzipschaltbild des elektro-pneumatischen und des elektrischen Teils einer Steuerung für eine Tafelschere. Es werden nur die Bauteile berücksichtigt, die für die Ausführung der ausgewählten SF erforderlich sind.

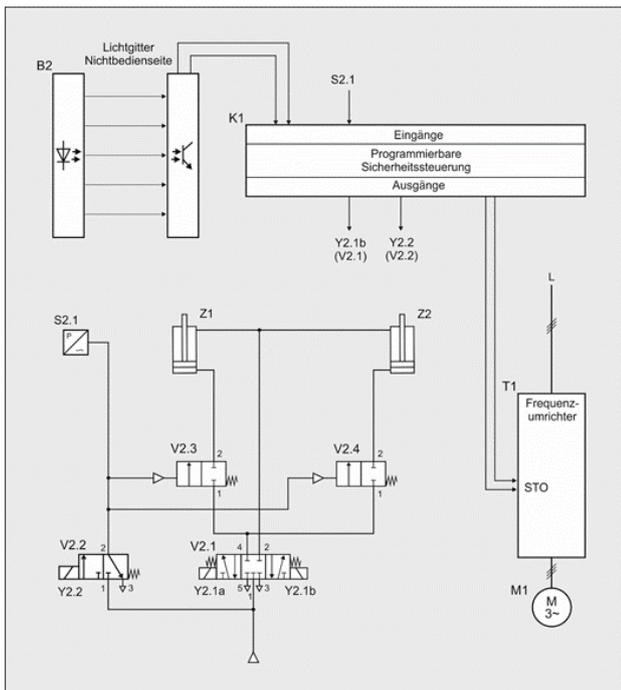


Abbildung 7 – Prinzipschaltplan der elektro-pneumatischen sowie der elektrischen Steuerung

### 3.2.1 Sicherheitsfunktionen SF7a, SF7b und SF7c

„Sicherer Stopp, Schutz vor unerwartetem Anlauf der hinteren Werkstückhochhalte-einrichtung und Schutz vor Absinken durch Eigengewicht.“

Ein Eindringen in das Schutzfeld des Lichtgitters (Nichtbedienseite) führt zu einem Stillsetzen der gefahrbringenden Bewegung und verhindert einen unerwarteten Anlauf; PL<sub>r</sub> d.

#### Funktionsbeschreibung:

- Das Ausgangssignal des Lichtgitters B2 wird zweikanalig in die Sicherheits-SPS K1 eingelesen. Bei Eingriff in das Schutzfeld wird über K1 die Ansteuerung der pneumatischen Wegeventile weggenommen.
- Die Werkstückhochhalteeinrichtung wird zweikanalig durch die Wegeventile V2.1, V2.2, V2.3 und V2.4 gesteuert.

- Der einzelne Ausfall eines der genannten Ventile führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.
- Alle Wegeventile werden zyklisch angesteuert.
- Die Funktion des Steuerventils V2.2 wird durch den Druckschalter S2.1 überwacht. An den nicht überwachten Ventilen werden einige Fehler im Arbeitsprozess erkannt. An den Ventilen V2.3 und V2.4 muss zwangsweise eine regelmäßige Überprüfung (z. B. mindestens alle 8 Stunden) der Funktion durchgeführt werden. Die Anhäufung unentdeckter Fehler kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.

#### Konstruktive Merkmale:

- Grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien sowie die Anforderungen der Kategorie B werden eingehalten.
- Fehler in den Anschlussleitungen von B2 und K1 dürfen sich nicht gefährlich auswirken. Auftretende Fehler werden erkannt und der sichere Zustand wird eingeleitet.
- Bei dem Lichtgitter B2 und der Sicherheits-SPS K1 handelt es sich um geprüfte Sicherheitsbauteile für den Einsatz in PL d, die der Kategorie 3 und den jeweiligen Produktnormen entsprechen.
- Die Programmierung der Software (SRASW) erfolgt entsprechend den Anforderungen für PL d.
- Das Wegeventil V2.1 hat eine Sperr-Mittelstellung mit ausreichender positiver Überdeckung, Federzentrierung oder -rückstellung.
- Die Sperrventile V2.3 und V2.4 sind direkt im Zylinder eingeschraubt und werden über das Ventil V2.2 vorgesteuert.
- Die sicherheitsgerichtete Schaltstellung wird jeweils durch Wegnahme des Steuersignals erreicht.

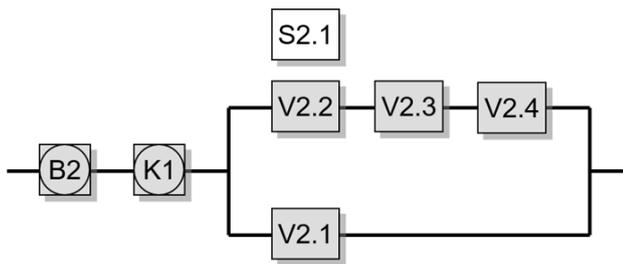


Abbildung 8 – Sicherheitsbezogenes Blockdiagramm zu SF7a, SF7b und SF7c

Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit:

- Das Lichtgitter B2 und die Sicherheits-SPS K1 sind zertifizierte Sicherheitsbauteile, deren Ausfallwahrscheinlichkeiten von den Herstellenden angegeben werden (B2:  $PFH_D = 2,0 \cdot 10^{-7}/\text{Stunde [H]}$ , K1:  $PFH_D = 3,2 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde [H]}$ ).
- Für die Ventile V2.1, V2.2, V2.3 und V2.4 werden  $B_{10D}$ -Werte von 20 000 000 Zyklen [N] angenommen. Bei 240 Arbeitstagen, 16 Arbeitsstunden und 20 Sekunden Zykluszeit ist  $n_{op} = 691\,200$  Zyklen/Jahr. Damit beträgt die  $MTTF_D$  für die Ventile V2.1, V2.2, V2.3 und V2.4 jeweils 289 Jahre. Nach Kürzen des unteren Kanals auf 100 Jahre ergibt sich ein symmetrisierter  $MTTF_D$ -Wert pro Kanal von 98 Jahren („hoch“).
- Bei den Wegeventilen ergibt sich für V2.2 ein  $DC = 99\%$  aus der Drucküberwachung des Steuersignals für die Sperrventile.  $DC = 60\%$  für V2.1 ergibt sich aus der Fehlererkennung über den Prozess und  $DC = 60\%$  für V2.3 bzw. V2.4 aus der regelmäßigen Überprüfung der Funktion. Durch Mittelung ergibt sich damit ein  $DC_{avg}$  von 69,8 % („niedrig“).
- Es werden ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (CCF) getroffen.
- Die Kombination der Steuerungselemente im pneumatischen Teil entspricht Kategorie 3 mit hoher  $MTTF_D$  und niedrigem  $DC_{avg}$  (69,8 %). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von  $8,5 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde}$ . Das entspricht PL d.

- Die mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle für die gesamte Sicherheitsfunktion beträgt:  
 $PFH_D = (2,0 + 0,32 + 0,85) \cdot 10^{-7}/\text{Stunde} = 3,2 \cdot 10^{-7}/\text{Stunde}$ . Das entspricht PL d.

**3.2.2 Sicherheitsfunktionen SF9a, SF9b**

„Sicherer Stopp, Schutz vor unerwartetem Anlauf des hinteren Anschlags.“

Ein Eindringen in das Schutzzfeld des Lichtgitters (Nichtbedienseite) führt zu einem Stillsetzen der gefahrbringenden Bewegung bzw. verhindert einen unerwarteten Anlauf;  $PL_r$  c.

Funktionsbeschreibung:

- Das Ausgangssignal des Lichtgitters B2 wird zweikanalig in die Sicherheits-SPS K1 eingelesen.
- Der hintere Anschlag wird elektromotorisch über einen Frequenzumrichter T1 mit Spindelantrieb verfahren. Bei Eingriff in das Schutzzfeld wird über K1 die STO-Funktion im Frequenzumrichter T1 ausgelöst und der Anschlag wird stillgesetzt bzw. ein unerwarteter Anlauf wird verhindert.

Konstruktive Merkmale:

- Grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien sowie die Anforderungen der Kategorie B werden eingehalten.
- Fehler in den Anschlussleitungen von B2 und K1 dürfen sich nicht gefährlich auswirken. Auftretende Fehler werden erkannt und der sichere Zustand wird eingeleitet.
- Bei dem Lichtgitter B2 und der Sicherheits-SPS K1 handelt es sich um geprüfte Sicherheitsbauteile, die mindestens für den Einsatz in PL c geeignet sind und den jeweiligen Produktnormen entsprechen.
- Die Programmierung der Software (SRASW) erfolgt entsprechend den Anforderungen für PL c.

- Der Frequenzumrichter T1 ist ein geprüftes Sicherheitsbauteil mit der integrierten Sicherheits-Teilfunktion STO. Es werden zumindest die Anforderung an PL c erfüllt.
- Das Aktivieren der Sicherheitsfunktion STO während des Betriebs führt aufgrund der Selbsthemmung des Spindeltriebs zu einem schnellen Stillsetzen der gefährbringenden Bewegung des Anschlags.

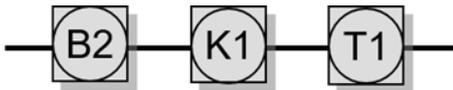


Abbildung 9 – Sicherheitsbezogenes Blockdiagramm zu SF9a, SF9b

#### Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit:

- Das Lichtgitter B2, die Sicherheits-SPS K1 und der Frequenzumrichter T1 mit integrierter Sicherheits-Teilfunktion STO sind zertifizierte Sicherheitsbauteile, deren Ausfallwahrscheinlichkeiten von den Herstellenden angegeben werden (B2:  $PFH_D = 2,0 \cdot 10^{-7}/\text{Stunde [H]}$ , K1:  $PFH_D = 3,2 \cdot 10^{-8}/\text{Stunde [H]}$ , T1:  $PFH_D = 2,4 \cdot 10^{-7}/\text{Stunde [H]}$ ).
- Die mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle für die gesamte Sicherheitsfunktion beträgt:  
 $PFH_D = (2,0 + 0,32 + 2,4) \cdot 10^{-7}/\text{Stunde}$   
 $= 4,7 \cdot 10^{-7}/\text{Stunde}$ . Das entspricht PL d.

## 4 Sonstige Hinweise

Werden Tafelscheren durch Umbau in ihren sicherheitstechnischen Eigenschaften verändert, sind gegebenenfalls weitere Maßnahmen zu treffen, siehe dazu auch DGUV Test Information 13 „Wesentliche Veränderung von Produkten“ [5].

## 5 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Die vorliegende Kurzinformation der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) in Form der Fachbereich AKTUELL FBHM-137 basiert auf dem Wissen und den gemeinsamen Erfahrungen des Fachbereichs Holz und Metall (FBHM), Sachgebiet Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation (SG MRF) der DGUV auf dem Gebiet der Tafelscheren.

Die vorliegende Fachbereich AKTUELL FBHM-137 wurde unter Mitwirkung von Experten und Expertinnen in den Themenbereichen Hydraulik und Pneumatik sowie Werkzeugmaschinen des SG MRF und des Instituts für Arbeitsschutz – IFA der DGUV erarbeitet. Die Schrift erläutert die Umsetzung der Anforderungen an die sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen nach DIN EN ISO 13849 für Tafelscheren und soll besonders der Information derjenigen dienen, die Tafelscheren herstellen, umbauen oder einsetzen. Auch die Anforderungen an Bauteile werden erläutert.

Die Bestimmungen nach einzelnen Gesetzen und Verordnungen bleiben durch diese „Fachbereich AKTUELL“ unberührt. Die Anforderungen der gesetzlichen Vorschriften gelten uneingeschränkt. Um vollständige Informationen zu erhalten, ist es erforderlich, alle in Frage kommenden Vorschriftentexte und aktuellen Normen einzusehen.

Diese „Fachbereich AKTUELL“ FBHM-137 ist eine Erstveröffentlichung. Sie befindet sich in der Entwurfsfassung. Bitte senden Sie Ihre Kommentare bis zum 14.09.2023 unter Verwendung der Kennung „FBHM-137 Entwurf 07/2023“ oder des Titels an die [Kommentaradresse](#).

Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich unter anderem zusammen aus Vertretern und Vertreterinnen der Unfallversicherungsträger, von staatlichen Stellen, Sozialpartnern, herstellenden und betreibenden Firmen.

Weitere "Fachbereich AKTUELL" oder Informationsblätter des Fachbereichs Holz und Metall stehen im Internet zum Download bereit [6].

---

### Literaturverzeichnis

- [1] [DIN EN 13985:2009-11 "Werkzeugmaschinen – Sicherheit – Tafelscheren"](#), Beuth-Verlag, Berlin
- [2] [DIN EN 954-1:1997-03 "Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze"](#), Beuth-Verlag, Berlin
- [3] [DIN EN ISO 13849-1:2016-06 "Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze"](#), Beuth-Verlag, Berlin
- [4] [DIN EN ISO 13849-2:2013-02 "Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 2: Validierung"](#), Beuth-Verlag, Berlin
- [5] [DGUV Test Information 13 "Wesentliche Veränderungen von Produkten"](#), Ausgabe Januar 2023, DGUV, Berlin
- [6] Internet: [www.dguv.de/fb-holzundmetall](http://www.dguv.de/fb-holzundmetall) [Publikationen](#) oder [www.bghm.de](http://www.bghm.de) Webcode: <626>

---

### Bildnachweis

Die gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

- Abbildung 1  
Trumpf Gruppe

- Abbildung 2 bis 9  
IFA – Institut für Arbeitssicherheit  
Alte Heerstr. 111  
D-53757 Sankt Augustin

---

### Kommentaradresse

Fachbereich Holz und Metall der DGUV  
Sachgebiet Maschinen, Robotik und  
Fertigungsautomation  
c/o Berufsgenossenschaft Holz und Metall  
Isaac-Fulda-Allee 18  
55124 Mainz

Email: [fb-holzundmetall@bghm.de](mailto:fb-holzundmetall@bghm.de)

Die Fachbereiche der DGUV werden von den Unfallkassen, den branchenbezogenen Berufsgenossenschaften sowie dem Spitzenverband DGUV selbst getragen. Für den Fachbereich Holz und Metall ist die Berufsgenossenschaft Holz und Metall der federführende Unfallversicherungsträger und damit auf Bundesebene erster Ansprechpartner in Sachen Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit für Fragen zu diesem Gebiet.

An der Erarbeitung dieser Fachbereich AKTUELL haben mitgewirkt:

- Bereich 5.2 Maschinensicherheit, Industrial Security und Implantat des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)
- Bereich 5.3 Intelligente technische Systeme und Arbeitswelt des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)

## Anlage 1: Ausgewählte Sicherheitsfunktionen (SF) und erforderliche Performance Level (PL<sub>r</sub>) einer Tafelschere

Nr.	Beschreibung der Sicherheitsfunktion (SF)	Zugang	Risikograph	PL <sub>r</sub> /Kat.	Bemerkung
1a	Sicherer Stopp des Niederhalters	BS	S2/F2/P2	e	
1b	Schutz vor unerwartetem Anlauf des Niederhalters	BS	S2/F2/P2	e	
1c	Schutz vor Absinken des Niederhalters durch Eigengewicht	BS	S2/F2/P2	e	ggf. auch andere Risikobewertung, abhängig vom Eigengewicht
2a	Sicherer Stopp des Niederhalters	NBS	S2/F1/P2	d	
2b	Schutz vor unerwartetem Anlauf des Niederhalters	NBS	S2/F1/P2	d	
2c	Schutz vor Absinken des Niederhalters durch Eigengewicht	NBS	S2/F1/P2	d	ggf. auch andere Risikobewertung, abhängig vom Eigengewicht
3a	Sicherer Stopp des Messerbalkens	BS	S2/F2/P2	e	
3b	Schutz vor unerwartetem Anlauf des Messerbalkens	BS	S2/F2/P2	e	
3c	Schutz vor Absinken des Messerbalkens durch Eigengewicht	BS	S2/F2/P2	e	beinhaltet auch einseitiges Absinken des Messerbalkens (Schnittwinkelverstellung)
4a	Sicherer Stopp des Messerbalkens	NBS	S2/F1/P2	d	
4b	Schutz vor unerwartetem Anlauf des Messerbalkens	NBS	S2/F1/P2	d	
4c	Schutz vor Absinken des Messerbalkens durch Eigengewicht	NBS	S2/F1/P2	d	beinhaltet auch einseitiges Absinken des Messerbalkens (Schnittwinkelverstellung)
5a	Sicherer Stopp der Schnittwinkelverstellung	BS	S2/F2/P2	e	
5b	Schutz vor unerwartetem Anlauf der Schnittwinkelverstellung	BS	S2/F2/P2	e	
6a	Sicherer Stopp der Schnittwinkelverstellung	NBS	S2/F1/P2	d	
6b	Schutz vor unerwartetem Anlauf der Schnittwinkelverstellung	NBS	S2/F1/P2	d	
7a	Sicherer Stopp der hinteren Werkstückhochhalteeinrichtung	NBS	S2/F1/P2	d	
7b	Schutz vor unerwartetem Anlauf der hinteren Werkstückhochhalteeinrichtung	NBS	S2/F1/P2	d	
7c	Schutz vor Absinken der hinteren Werkstückhochhalteeinrichtung durch Eigengewicht	NBS	S2/F1/P2	d	mit Berücksichtigung der Werkstückmasse

Nr.	Beschreibung der Sicherheitsfunktion (SF)	Zugang	Risiko-graph	PL <sub>r</sub> /Kat.	Bemerkung
8a	Sicherer Stopp der Werkstück-rückführung	BS	S1/F2/P1	b	Bewegungsauslösung durch den Bediener
			S1/F2/P1	b	Abgrenzung des Bereichs mit langsamer Geschwindigkeit oder begrenzter Kraft (v ≤ 33mm/s; P ≤ 150N)
8b	Schutz vor unerwartetem Anlauf der Werkstückrückführung	BS	S1/F2/P1	b	Bewegungsauslösung durch den Bediener
			S1/F2/P1	b	Abgrenzung des Bereichs mit langsamer Geschwindigkeit oder begrenzter Kraft (v ≤ 33mm/s; P ≤ 150N)
9a	Sicherer Stopp des hinteren Anschlags	NBS	S2/F1/P1	c	
9b	Schutz vor unerwartetem Anlauf des hinteren Anschlags	NBS	S2/F1/P1	c	
10a	Sicherer Stopp der Kleinteilrutsche	BS wie NBS	S2/F1/P2	d	Aufgrund einer inhärent sicheren Konstruktion könnten steuerungstechnische Maßnahmen entfallen. Durch Risikoreduzierung z.B. durch begrenzte Kraft mit S1, F1, P2 folgt PL <sub>r</sub> b.
10b	Schutz vor unerwartetem Anlauf der Kleinteilrutsche	BS wie NBS	S2/F1/P2	d	
11	Betriebsartenwahl	-	S2/F2/P2	e	(identisch mit höchstem PL <sub>r</sub> aller SF)
Erläuterungen: Zugang BS: Bedienseite oder NBS: Nichtbedienseite					