

Technische Information TI-A10 Absturzsicherungen

- ☑ Hohe Haltekräfte durch selbstverstärkende Klemmung
- ☑ DGUV Test Zertifikat für Pressen, Spritzgießmaschinen, Gummi- und Kunststoffmaschinen



Inhaltsverzeichnis

1	Verwendung	1
2	Funktion	1
3	Bauarten	2
4	Betriebsbedingungen	2
5	Druckmedien	2
6	Richtige Größenauswahl	3
7	Anforderungen an Klemmstange und Befestigungselemente	3
8	Ansteuerung	3
9	Zustandskontrolle durch Näherungsschalter	4
10	Vorschlag zur logischen Einbindung in die Maschinensteuerung	4
11	Lebensdauer	5
12	Regelmäßige Funktionsprüfung	5
13	Wartung	5
14	DGUV Test Zertifikat	5
15	Informationen zur Produktzuverlässigkeit	5
16	Risikobeurteilung	6
17	Zubehör	6
18	Weiterführende Informationen	6
19	Anhang: Arten der Befestigung	7

1 Verwendung

Absturzsicherungen werden eingesetzt, um Personenschutz und Unfallverhütung zu gewährleisten. Dies gilt insbesondere, wenn bei angehobenen Lasten oder Werkzeugen ein Tragmittel ausfällt, zum Beispiel beim Ausfall eines hydraulischen oder pneumatischen Drucksystems.

Absturzsicherungen übernehmen abstürzende Massen stufenlos an jeder Stelle des Hubs mechanisch sicher und absolut zuverlässig. Durch das Funktionsprinzip der selbstverstärkenden Klemmung (SiForce) wird dabei ein besonders hohes Sicherheitsniveau erreicht.

Absturzsicherungen dienen als mechanische Hochhalteeinrichtung für statische Lasten. Für dieses statische Halten sind die Absturzsicherungen zertifiziert entsprechend dem Prüfgrundsatz GS-HM-21 der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV). Ausführliche Informationen dazu finden Sie in unserer Technischen Information *DGUV Test-Zertifikat für Absturzsicherungen TI-A40* (Download aus dem Internet: www.sitema.com).

2 Funktion

Absturzsicherungen werden abhängig von der Bauart hydraulisch oder pneumatisch offengehalten und wirken bei Druckabfall. Sie nutzen die Energie der abstürzenden bzw. absinkenden Last zum Erzeugen der Klemmkraft.

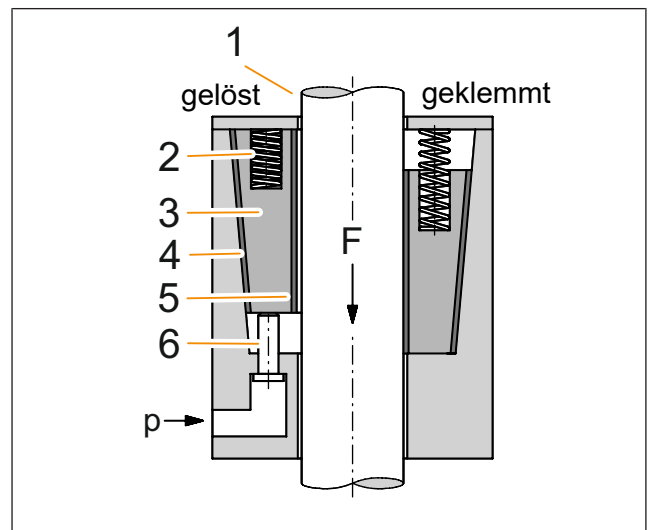


Abb. 1: Funktionsprinzip

Das Gehäuse umschließt die Kolbenstange oder Klemmstange (1). Im Gehäuse befinden sich mehrere Fangbacken (3) mit je einem Gleitbelag (4) und einem Bremsbelag (5). Werden die Aushebekolben (6) mit dem Druck (p) beaufschlagt, halten sie die Fangbacken in gelöster Stellung, so dass sich die Stange frei bewegen kann. Bei gelöster Klemmung sind die Federn (2) vorgespannt.

2.1 Last sichern

Die Absturzsicherung sichert die Last, wenn die Aushebekolben drucklos werden. Dann legen sich die Fangbacken unter der Wirkung der Federn an die Stange an (siehe Abb. 1: Kap. 2 Funktion [► 1]). So entsteht eine Anfangsreibungskraft zwischen Stange und Fangbacken (angelegter Zustand).

Die Absturzsicherung sichert die Last, hat sie aber noch nicht übernommen.

2.2 Last übernehmen

Die Haltekraft baut sich auf, wenn sich die Stange in Last-richtung bewegt. Dabei verspannt sich das Klemmsystem selbstverstärkend.

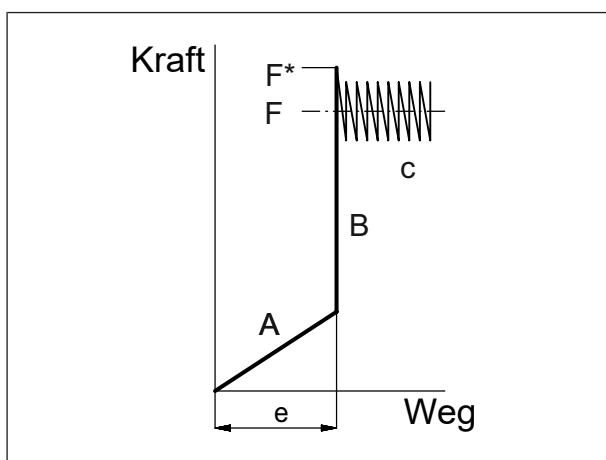


Abb. 2: Kraft-Weg-Diagramm

Die Fangbacken werden zunächst um den Einzugschweg e bis zum Anschlag gezogen, siehe Phase A des Kraft-Weg-Diagramms. Der Einzugschweg e beträgt je nach Baugröße ca. 5 bis 20 mm.

Bei weiterem Erhöhen der Belastung (Phase B) bleibt die Stange stehen, bis die statische Haltekraft F^* (Haftreibungskraft) erreicht wird. Beim Überschreiten der statischen Haltekraft rutscht die Stange durch. Die Absturzsicherung bremst die Stangenbewegung (Phase C) mit der mittleren dynamischen Bremskraft F (Haltekraft) und dissipiert so die kinetische Energie der abstürzenden Masse.

2.3 Klemmung lösen

Hat die Absturzsicherung die Last gesichert, genügt es zum Lösen der Klemmung, Druckanschluss L mit Druck zu beaufschlagen.

Hat die Absturzsicherung die Last übernommen, muss zum Lösen der Klemmung zusätzlich die Stange um den Einzugschweg e mit einer der Last entsprechenden Kraft entgegen der Last-richtung bewegt werden (siehe Kap. 2 Funktion [► 1]). Dies hat den Sicherheitsvorteil, dass sich die Klemmung in der Regel nur bei intaktem und angesteuertem Hubantrieb lösen lässt. Erhöhte Kraft (etwa zum Losbrechen) ist normalerweise nicht erforderlich.

Gleichzeitiges Druckbeaufschlagen der Aushebekolben bringt die Fangbacken in die gelöste Stellung.

3 Bauarten

Abhängig von der Baugröße und dem Druckmedium gibt es verschiedene Bauarten, die sich in der praktischen Anwendung aber nicht unterscheiden.

3.1 Bauart K

Zum Lösen sind hier pro Fangbacken mehrere kleine Plungerkolben angeordnet, die über eine Ringnut gemeinsam mit Druck beaufschlagt werden.

3.2 Bauart KR

Die Bauart KR ist in ihrer Funktion und Anwendung identisch mit der Bauart K. Zum Lösen ist hier ein Ringkolben eingebaut - statt der Einzelkolben der Bauart K. Bis zu einem Stangendurchmesser von 80 mm hat sich die kompakte Ringkolbenkonstruktion bewährt.

3.3 Bauart KRP

Die Bauart KRP ist die pneumatisch betätigte Variante der Absturzsicherungen. Durch das selbstverstärkende Funktionsprinzip SiForce erreicht sie unabhängig vom niedrigeren Druckniveau der Pneumatik die gleichen Haltekraften wie die hydraulische Ausführung.

Die Außenabmessungen sind identisch mit denen der hydraulischen Bauart KR.

4 Betriebsbedingungen

Bedingung	Wert
Zulässige Oberflächen-Temperatur	0 bis + 60 °C (32 bis 140 °F)

Tab. 1: Betriebsbedingungen

Die Absturzsicherung ist für den Einsatz in trockener und sauberer Umgebung konzipiert. Tauwasser ist zu vermeiden.

Die Absturzsicherung darf nicht in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden.

Bei starkem Schmutzanfall sind besondere Schutzmaßnahmen zu treffen. Wenden Sie sich in diesem Fall an SITEMA.

5 Druckmedien

5.1 Druckmedium (Hydraulik)

Verwenden Sie qualitativ hochwertiges HM Hydrauliköl nach ISO 11158 (oder HLP Hydrauliköl nach DIN 51524-2). Andere Druckmedien dürfen nur in Absprache mit SITEMA verwendet werden.

5.2 Druckmedium (Pneumatik)

Verwenden Sie ausschließlich getrocknete und gefilterte Druckluft nach ISO 8573-1:2010 [7:4:4]. Andere Druckmedien dürfen nur in Absprache mit SITEMA verwendet werden.

6 Richtige Größenauswahl

In den Technischen Datenblättern TI-A11 bis TI-A14 ist für alle Typen eine zulässige Last M angegeben. Im Normalfall (vertikale Bewegung) ist die folgende Bedingung einzuhalten:

$$M \geq \frac{\text{bewegtes Gewicht}}{\text{Anzahl Absturzsicherungen}}$$

Die Haltekraft bei trockener oder mit Hydrauliköl benetzter Stange beträgt mindestens $2 \times M$, überschreitet aber nicht $3,5 \times M$.



Beachten Sie bei sicherheitsrelevanten Anwendungen die Anlage „DGUV Test Zertifikat“ in den Technischen Informationen TI-A40

7 Anforderungen an Klemmstange und Befestigungselemente

Die Absturzsicherung funktioniert nur dann richtig, wenn sie zusammen mit einer Klemmstange eingesetzt wird, die alle hier genannten Anforderungen erfüllt:

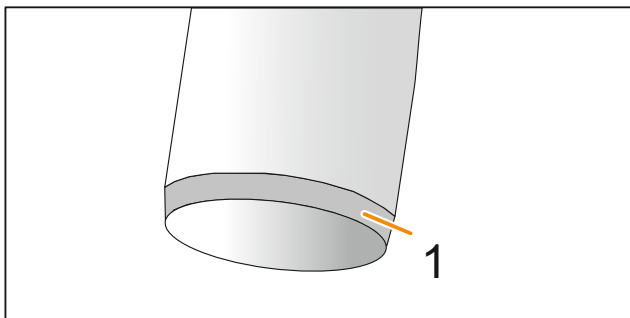


Abb. 3: Einführschräge (1)

Anforderung	Durchmesser	Wert
ISO-Toleranzfeld	alle	f7 oder h6
Oberflächen-Rauheit	alle	$R_z = 1 \text{ bis } 4 \mu\text{m}$ ($R_a 0,15 - 0,3 \mu\text{m}$)
Korrosionsschutz	alle	z.B. Hartverchromung: $20 \pm 10 \mu\text{m}$ 800 - 1000 HV
Einführschräge gerundet	$\varnothing 18 \text{ bis } 80 \text{ mm}$	min. $4 \times 30^\circ$
	$\varnothing \text{ über } 80 \text{ bis } 180 \text{ mm}$	min. $5 \times 30^\circ$
	$\varnothing \text{ über } 180 \text{ bis } 380 \text{ mm}$	min. $7 \times 30^\circ$

Tab. 2: Anforderungen an die Klemmstange

Beachten Sie bei der Dimensionierung Folgendes:

- Die **Klemmstange und Befestigungselemente**, welche die Last übernehmen, müssen auf mindestens **$3,5 \times M$** (M = zulässige Last) dimensioniert sein.

Die tatsächliche Haltekraft der Absturzsicherung ist größer als die dafür definierte **zulässige Last M** . Sie beträgt im Neuzustand mindestens $2 \times M$, überschreitet aber nicht deren 3,5-Faches.

Diese maximale Kraft kann bei Klemmen aus der Bewegung (Notbremsen) auftreten. Sie kann auch bei Steuerungsfehlern auftreten, wenn mit der Kraft des Antriebs durch die geschlossene Absturzsicherung gefahren wird.



Hersteller von Kolbenstangen für Zylinder oder Stangen für Linearkugellager bieten oft geeignete Klemmstangen an.

8 Ansteuerung

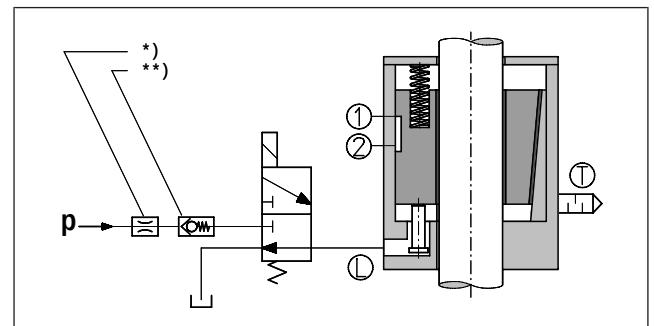


Abb. 4: Prinzipbild zur Ansteuerung

*)	Wenn Schlaggeräusche während des Druckbeaufschlags auftreten: Integrieren Sie eine Drossel in die p-Leitung vor dem Schaltventil.
**)	Wenn der Druck in der p-Leitung unter den Mindest-Betriebsdruck fallen kann: Integrieren Sie ein Rückschlagventil in die p-Leitung vor dem Schaltventil.

Wenn eine kurze Reaktionszeit der Absturzsicherung gefordert ist, beachten Sie unbedingt folgende Anforderungen:

- Geeignete Steuerung
- Kurze Leitungswege
- Schnelle Ventilreaktionszeiten
- Entsprechend große Ventil- und Leitungsquerschnitte (v. a. bei hydraulischer Betätigung)
- Einbau eines Schnellentlüftungsventils an L (bei pneumatischer Betätigung)

8.1 Ansteuerung über 3/2-Wegeventil

In den meisten Fällen wird die unter *Kap. 8 Ansteuerung* [► 3] dargestellte Ansteuerung angewendet.

Während jeder normalen Fahrt im Betrieb wird elektrisch das 3/2-Wegeventil geschaltet, welches die Klemmung löst. Die Steuerung ist so auszuführen, dass die Absturzsicherung in allen anderen Betriebszuständen einfällt und die Stange festhält oder Last abbremst. Dies gilt auch bei Stromausfall, Bruch der Zuleitung, Not-Halt etc. Wenn erforderlich, kann das Ventil auch durch ein anderes Sicherheitssignal geschaltet werden, z. B. Geschwindigkeitsüberschreitung oder Schleppfehler.

9 Zustandskontrolle durch Näherungsschalter

Näherungsschalter überwachen den Betriebszustand der Absturzsicherung. Sie gehören nicht zum Lieferumfang und können optional bei SITEMA bestellt werden. Die Näherungsschalter übergeben der Maschinensteuerung folgende Signale:

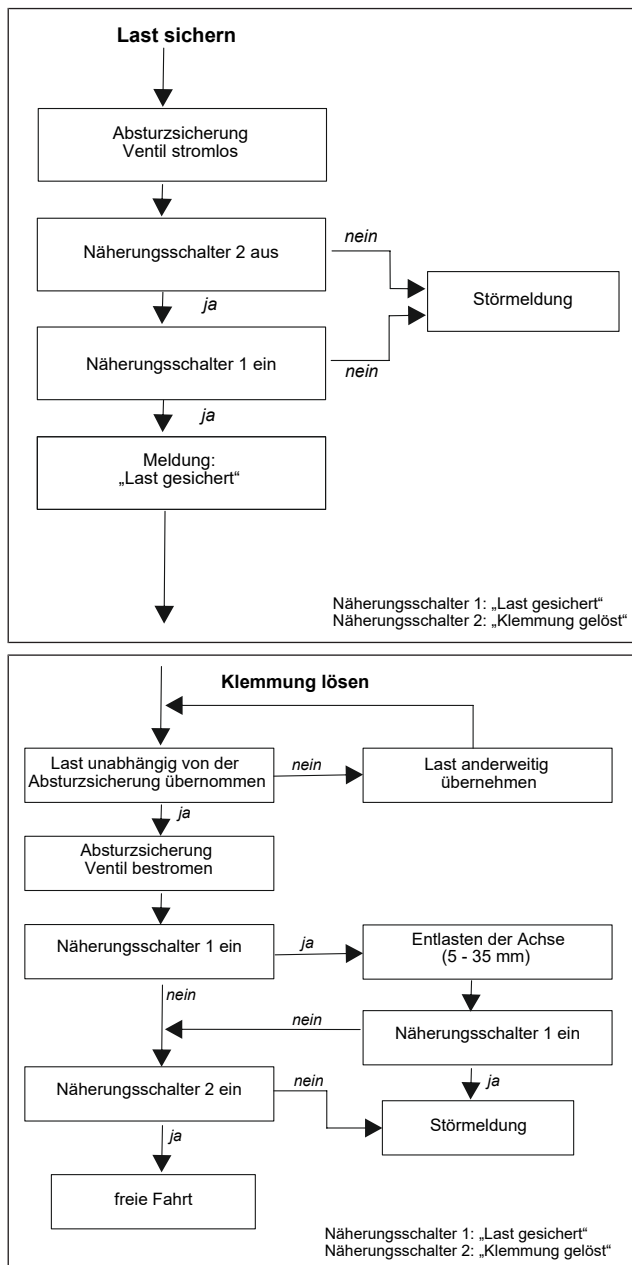
Näherungsschalter	Signal	Verwendung
1	Last gesichert	Zugang zum Gefahrenbereich freigeben
2	Klemmung gelöst	Bewegung des Antriebs in Lastrichtung freischalten

Zur eindeutigen Anzeige des Zustands müssen die Signale 1 und 2 miteinander abgeglichen werden. Die Signale dürfen nicht gleichzeitig anstehen. Kurze Überschneidungszeiten beim Umschalten sind zulässig.

Die Signale der Näherungsschalter müssen in der Maschinensteuerung korrekt verarbeitet werden. Die korrekte Verarbeitung der Signale muss überprüft werden.

Weitere Informationen zu den Näherungsschaltern finden Sie im dazugehörigen Datenblatt.

10 Vorschlag zur logischen Einbindung in die Maschinensteuerung



11 Lebensdauer

Die Art der Beanspruchung ist ausschlaggebend, um die Lebensdauer abschätzen zu können.

11.1 Beanspruchung beim Sichern der Last

Beim Sichern einer ruhenden Last sind die auftretenden Materialbeanspruchungen zu vernachlässigen und können millionenfach ertragen werden.

11.2 Beanspruchung beim Übernehmen der Last

Beim Übernehmen der Last kann die maximale Haltekraft der Absturzsicherung erreicht werden. Im Betrieb kommt dies beispielsweise beim Abschalten des Antriebs, bei Leckage oder Leitungsbruch vor. Dabei treten die Kräfte und Materialbeanspruchungen gemäß der Auslegung auf. Die Stange rutscht dabei nicht durch.

11.3 Beanspruchung beim Durchrutschen der Stange durch die geschlossene Klemmung

Gelegentliches Durchrutschen der Stange bei geschlossener Klemmung beeinflusst die Lebensdauer praktisch nicht.

11.4 Maßnahmen für eine längere Lebensdauer

Folgende Betriebsarten sollten vermieden werden:

- Ständiges Abbremsen aus der Bewegung
- Fehlbetätigung des (Presszylinder-)Antriebs bei geschlossener Klemmung
- Fahren entgegen der Lastrichtung ohne gleichzeitiges Druckbeaufschlagen

Dauerprüfungen haben gezeigt, dass bei üblichen Betriebsbedingungen (Beanspruchung beim Sichern und gelegentlich Übernehmen der Last) die Haltekraft selbst nach mehrjährigem Einsatz nicht unter ihren Nennwert absinkt. Auch die Klemmstange weist bei vielfachem Klemmen an derselben Stelle keine relevanten Maß- und Oberflächenveränderungen auf.

Außerdem können Sie für eine lange Lebensdauer Folgendes tun:

- Sorgen Sie dafür, dass die Stange keinen Querkräften ausgesetzt ist.
- Verwenden Sie keine zu rauen Stangenoberflächen.
- Schützen Sie das Gehäuseinnere vor Eindringen von korrosiven Medien und Schmutz.
- Klemmen Sie die Stange möglichst erst nach vollständigem Stillstand der Last.

12 Regelmäßige Funktionsprüfung

Die Absturzsicherung muss in regelmäßigen Abständen einer Funktionsprüfung unterzogen werden. Nur durch diese regelmäßigen Prüfungen kann eine sichere Funktion der Einheit auf Dauer gewährleistet werden.

Weitere Details finden Sie in der entsprechenden Betriebsanleitung.

13 Wartung

Die Wartung beschränkt sich auf eine regelmäßige Funktionsprüfung. Sollte die Absturzsicherung dabei nicht mehr den geforderten Eigenschaften entsprechen, ist die vorgeschriebene Sicherheit für das Arbeiten an der Maschine bzw. Anlage möglicherweise nicht mehr gegeben. Lassen Sie die Absturzsicherung in diesem Fall unverzüglich bei SITEMA fachgerecht instand setzen und abnehmen.

Um die Funktion als Sicherheitsbauteil zu gewährleisten, sind Instandsetzungen ausschließlich durch SITEMA vorzunehmen. Bei eigenmächtig durchgeführten Reparaturen erlischt die Verantwortung von SITEMA.

14 DGUV Test Zertifikat

Absturzsicherungen von SITEMA sind von der DGUV Test zertifiziert, und zwar für den Einbau in Maschinen zum Hochhalten einer Last aus dem Stillstand.

Die DGUV Test ist das Prüf- und Zertifizierungssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.

Ausführliche Informationen zum DGUV Test Zertifikat, dessen Geltungsbereich sowie das Original-Zertifikat finden Sie in der Technischen Information *TI-A40*, die Sie von der SITEMA Website www.sitema.com unter *Downloads* herunterladen können.

15 Informationen zur Produktzuverlässigkeit

Sicherheitsmerkmal	Bemerkung
Sicherheitsfunktionen	Sichern im Stillstand, Notbremsen
Sicherheitsfaktor zulässige Last	Die zulässige Last M beinhaltet einen Sicherheitsfaktor > 2.
Fail-Safe	Energielos geklemmt
Für Personenschutz geeignet	ja
Bewährtes Bauteil	ja*
B _{10D} -Wert nach ISO 13849 (Lebensdauer kennwert)	6.000.000 Schaltzyklen
Performance Level (PL)	Die Absturzsicherung kann als bewährtes Bauteil zum Hochhalten einer Last aus dem Stillstand betrachtet werden und somit in Steuerungen der Kategorie 1 (PLc) nach DIN EN ISO 13849-1 eingesetzt werden.
Nachverfolgbarkeit	100 % anhand der Seriennummer
Ausgangsprüfung	Durchgeführt von SITEMA für alle Einheiten, dokumentiert
CE-Kennzeichnung	Entsprechend dem Konformitätsbewertungsverfahren
Sicherheitsbauteil	Gemäß EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und EU-Maschinenverordnung 2023/1230

Tab. 3: Sicherheitsmerkmale und -funktionen

*) Das Produkt ist ein bewährtes Bauteil für eine sicherheitsbezogene Anwendung nach ISO 13849-1. Das Produkt erfüllt die dafür relevanten grundlegenden und bewährten Sicherheitsprinzipien nach ISO 13849-2.

16 Risikobeurteilung

Absturzsicherungen, die in sicherheitsbezogenen Anwendungen eingesetzt werden sollen, sind entsprechend der EN ISO 12100:2010 und weiteren für den speziellen Anwendungsfall geltenden Normen und Vorschriften auszuwählen und anzuordnen. Die Absturzsicherung alleine kann prinzipbedingt keine vollständige Sicherheitslösung darstellen. Sie ist jedoch geeignet, Teil einer solchen Lösung zu sein. Desweiteren sind Anbindungen und Anschlüsse entsprechend zu dimensionieren. Dies ist grundsätzlich Aufgabe des Maschinenherstellers/Betreibers.

17 Zubehör

Wir empfehlen folgendes Zubehör. Alle genannten Teile sind bei SITEMA erhältlich:

Federsockel	wirkt sich positiv auf die Lebensdauer der Absturzsicherung aus. Gleicht Fluchtungsfehler aus und ermöglicht ein komfortables Lösen des Klemmkopfs (auch im oberen Totpunkt), siehe <i>TI-A20</i> und <i>TI-A21</i>
Flansche (für Absturzsicherungen und Federsockel)	siehe <i>TI-A30</i>
Stangenbefestigung	sicheres Befestigen der Stange am Maschinenteil, bereits auf die Maximalkraft des Klemmkopfs ausgelegt, siehe <i>TI-STB10</i>
Entlüftungsautomat (nur hydraulische Einheiten)	siehe <i>TI-Z10</i>
Passende Näherungsschalter	auf Nachfrage bei SITEMA
Weiteres Zubehör:	
EPM Elektro-pneumatisches Modul	für pneumatische Einheiten, wenn keine Pneumatik vorhanden ist, siehe <i>TI-E10</i>
MVA Mechanischer Ventilauslöser	falls der Bruch eines Tragmittels überwacht werden soll, siehe <i>TI-M10</i>

18 Weiterführende Informationen

Technische Daten der verschiedenen Bauarten finden Sie in diesen Technischen Datenblättern:

Bauarten KR, K: hydraulische Druckversionen	TI-A11
Bauart KRP: pneumatische Druckversionen	TI-A12
Bauarten KR/T, K/TA: hydraulische Zugversionen	TI-A13
Bauart KRP/T: pneumatische Zugversionen	TI-A14

19 Anhang: Arten der Befestigung

Im Folgenden finden Sie grundsätzliche Optionen zur Anordnung und Befestigung von Absturzsicherungen (Druck- und Zug-Versionen) in hydraulischen Pressen. Die Optionen lassen sich auch in anderen Maschinen anwenden, wenn man statt des Wortes *Stößel* den allgemeineren Begriff *Last* einsetzt.

Passende Flansche für feste und schwimmende Befestigung der Absturzsicherungen können Sie von SITEMA bestellen, siehe dazu das *Technische Datenblatt TI-A30*.

Für die schwimmende Befestigung der Stange bietet SITEMA als Zubehör die Stangenbefestigung STB an, siehe dazu das *Technische Datenblatt TI-STB10*.

Die Abbildungen in diesem Kapitel zeigen nur das Prinzip. Sie sind nicht als technischer Entwurf zu verstehen.

19.1 Druck- und Zug-Versionen

Beachten Sie bei der Auswahl der Bauart, ob es sich um eine Druck- oder Zug-Version handelt, d.h. wie die Last auf Stange und Absturzsicherung wirkt.

Druck-Versionen

Bauarten KR, KRP und K sind Druck-Versionen.

Bei Druck-Versionen drückt die Last die Absturzsicherung auf das Maschinenteil. Die Last wird dabei über die Befestigungsfläche der Absturzsicherung in die Maschine übertragen.

Zug-Versionen

Bauarten KR/T, KRP/T, K/T und K/TA (T = tension) sind Zug-Versionen.

Bei Zug-Versionen zieht die Last die Absturzsicherung vom Maschinenteil weg. Die Zugbelastung wird dabei über die Befestigungsschrauben der Absturzsicherung in das Maschinenteil übertragen.

19.2 Anordnung bei ortsfester Absturzsicherung

Wenn die Absturzsicherung ortsfest in die Maschine integriert wird, ist die Stange an der Last (z. B. Stößel) befestigt und bewegt sich mit dieser mit.

Um Zwangskräfte an der Stange zu vermeiden, muss entweder die Absturzsicherung oder die Stange radial schwimmend befestigt werden.

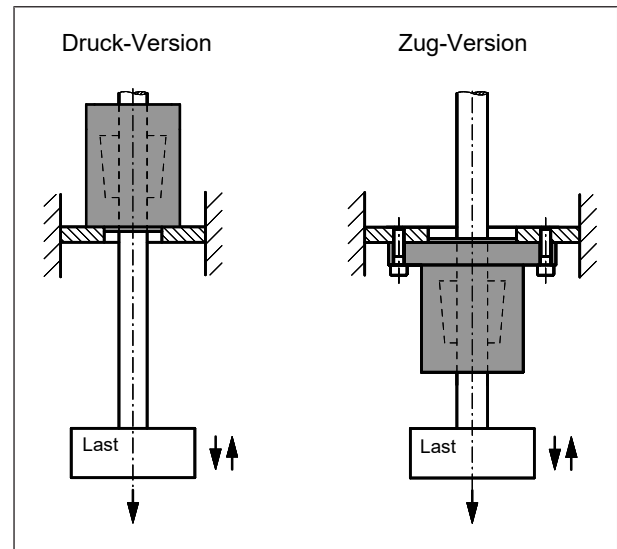


Abb. 5: Anordnung ortsfeste Absturzsicherung

19.3 Anordnung bei mitfahrender Absturzsicherung

Wenn die Absturzsicherung mit der Last (z. B. Stößel) fährt, ist die Stange in der Regel ortsfest.

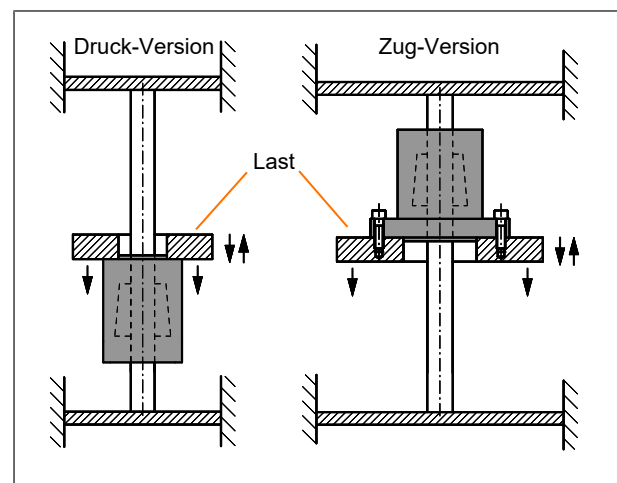


Abb. 6: Anordnung mitfahrende Absturzsicherung

Weitere Informationen zu den verschiedenen Befestigungsarten finden Sie in den folgenden beiden Kapiteln: *Befestigungsarten für Druck-Versionen* und *Befestigungsarten für Zug-Versionen*.

Befestigungsarten für Druck-Versionen

Maß- oder Winkeltoleranzen bei der Befestigung dürfen keine Zwangskräfte verursachen.

Wird die Absturzsicherung direkt auf einen Zylinderkopf oder eine Führungssäule montiert, ist in der Regel eine korrekte Zentrierung möglich.

In allen anderen Fällen muss entweder die Stange oder die Absturzsicherung schwimmend montiert werden.

Im Folgenden finden Sie die grundsätzlichen Befestigungsmöglichkeiten bei hydraulischen Pressen. Sie sind auch auf andere Anwendungen übertragbar, wenn man den hier verwendeten Begriff "Stößel" durch "Last" ersetzt.

Informationen zu Befestigungsflanschen finden Sie im *Technischen Datenblatt TI-A30*.

Ortsfeste Absturzsicherung - mitfahrende Stange

Mitfahrende Absturzsicherung - ortsfeste Stange

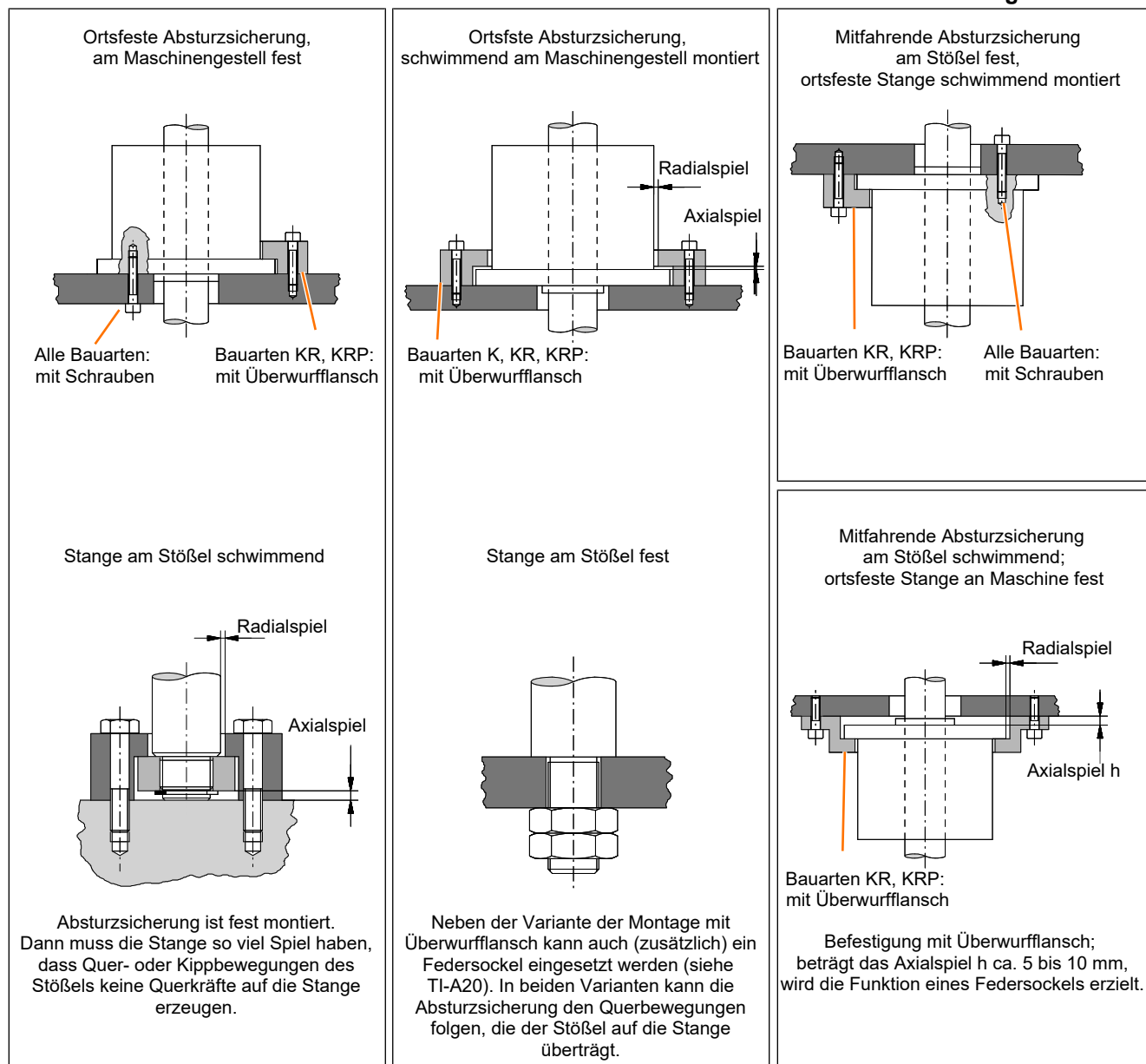


Abb. 7: Befestigungsarten für Druck-Versionen

Befestigungsarten für Zug-Versionen

Maß- oder Winkeltoleranzen bei der Befestigung dürfen keine Zwangskräfte verursachen.

Wird die Absturzsicherung direkt auf einen Zylinderkopf oder eine Führungssäule montiert, ist in der Regel eine korrekte Zentrierung möglich.

In allen anderen Fällen muss entweder die Stange oder die Absturzsicherung schwimmend montiert werden.

Im Folgenden finden Sie die grundsätzlichen Befestigungsmöglichkeiten bei hydraulischen Pressen. Sie sind auch auf andere Anwendungen übertragbar, wenn man den hier verwendeten Begriff "Stößel" durch "Last" ersetzt.

Informationen zu Befestigungsflanschen finden Sie im *Technischen Datenblatt TI-A30*.

Ortsfeste Absturzsicherung - mitfahrende Stange

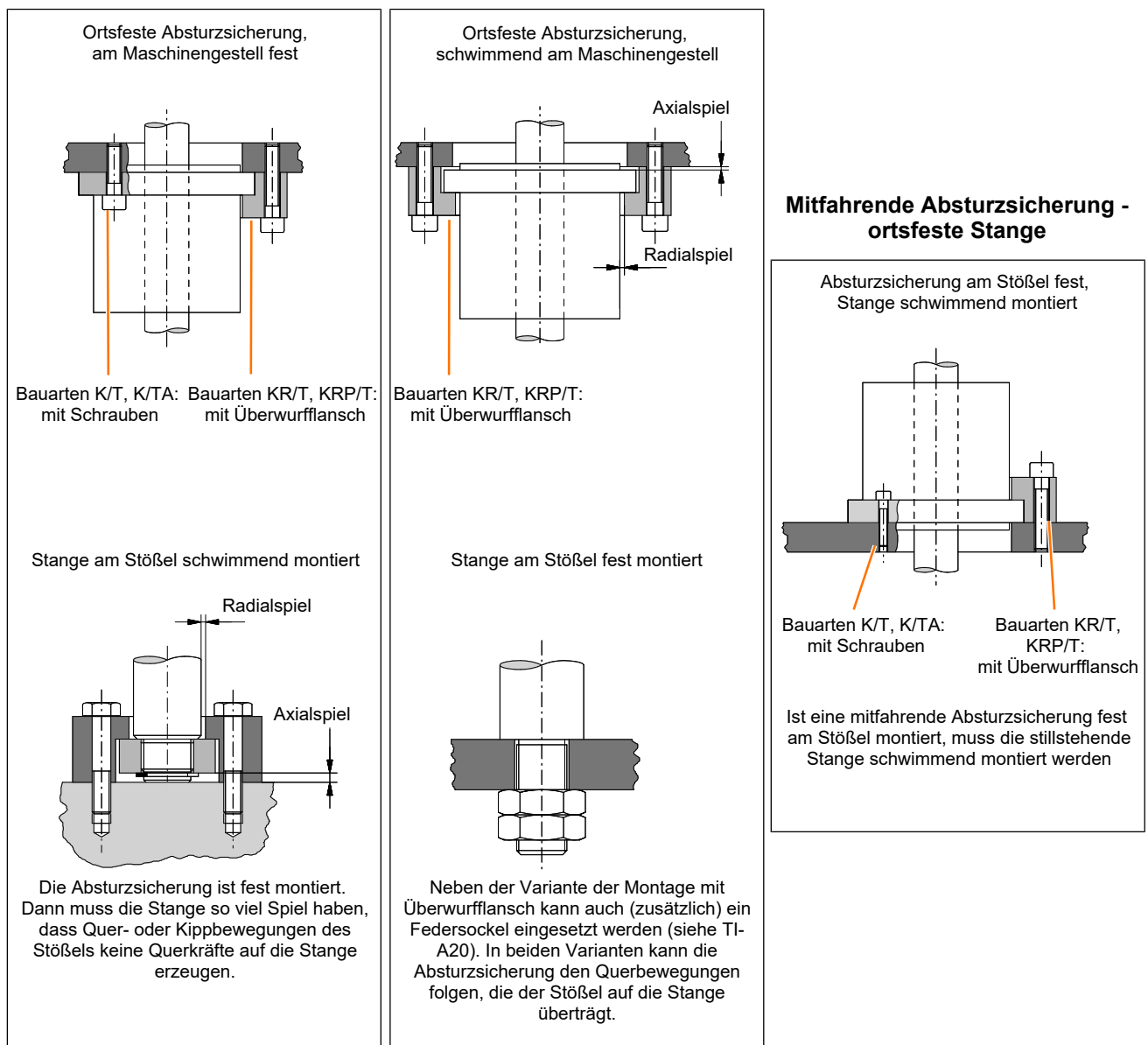


Abb. 8: Befestigungsarten für Zug-Versionen