

Sachgebiet Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation

Hydraulische Prüfstände

Stand: 30.11.2018

Hydraulische Prüfstände unterschiedlichster Bauarten, Größen und Druckniveaus werden seit Jahren eingesetzt, um beispielsweise verschiedene Hydraulikbauteile oder zusammengesetzte Baugruppen den erforderlichen Druck-, Dichtigkeits- oder Funktionstests zu unterziehen oder um Maschinen- oder Fahrzeugbauteile auf deren technische Eigenschaften oder Lebensdauer hin zu untersuchen. Sie werden sowohl in den Entwicklungsabteilungen der Bauteilhersteller zur Ermittlung und Verbesserung von Bauteileigenschaften und -kennwerten eingesetzt, als auch im Rahmen der Serienproduktion, um die gewünschte Bauteilqualität dauerhaft sicherzustellen.



Bild 1: Berstdruckprüfstand mit geöffneter trennender Schutzeinrichtung

Bei diesen hydraulischen Prüfständen handelt es sich um Prüfmaschinen, die den Anforderungen der Europäischen Maschinen-Richtlinie [1] unterliegen. Da diese Prüfmaschinen meist kundenspezifisch für genau definierte Anwendungen gebaut werden, existieren für diese Maschinen kaum C-Normen. Diese „Fachbereich AKTUELL“ gibt einen Überblick über wichtige Sicherheitsaspekte für den Bau und Betrieb dieser hydraulischen

Inhalt

1 Allgemeines	1
2 Bauarten	3
3 Gefährdungen	4
4 Schutzmaßnahmen	6
5 Weitere Aspekte	17
6 Benutzerinformation	23
7 Dokumentation der Wartung	23
8 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen	23

Prüfmaschinen und unterstützt sowohl Hersteller des Prüfstands bei der Umsetzung der allgemeinen Anforderungen der Maschinenrichtlinie (MRL) als auch Betreiber.

1 Allgemeines

In nahezu allen Bereichen des Maschinen- und Fahrzeugbaus werden hydraulische Prüfstände in großer Anzahl vielfältig eingesetzt. In der Regel ist es erforderlich, einen Prüfstand für eine individuelle Prüfaufgabe zu entwickeln, zu bauen und zu betreiben.

Im Wesentlichen werden hydraulische Prüfstände in den Bereichen Qualitätssicherung, Entwicklung und Forschung eingesetzt. Die Qualitätssicherung umfasst sowohl die „100%-Prüfung“ der Produktion als auch Stichproben. Die Entwicklungsprüfstände werden für die Bauteilentwicklung vor einer Serienfertigung benötigt.

Maschinen für Forschungszwecke in Laboratorien (siehe MRL Artikel 1 Absatz 2 Buchstabe h) werden zur vorübergehenden Verwendung tem-

porär zusammengestellt und sind von der MRL ausgenommen. Einrichtungen mit „wechselnden hydraulischen Aufbauten“ für verschiedene Forschungsaufgaben können unter Umständen dazu gezählt werden und von der Maschinenrichtlinie ausgenommen werden. Näheres ist Abschnitt 5.2 zu entnehmen.

Die mit einem Prüfstand zu realisierenden Prüfungsaufgaben sowie alle relevanten Aspekte daraus müssen in der Bestellung bzw. im Lastenheft für einen Prüfstand genau festgelegt sein. Der Hersteller dieses Prüfstands muss alle erforderlichen Schutzmaßnahmen festlegen.

Alle neuen Prüfstände (auch Eigenbauten der Betreiber) unterliegen den Vorgaben des Produktsicherheitsgesetzes ProdSG [2] mit den jeweils aktuellen relevanten Verordnungen zur Umsetzung der Europäischen Binnenmarktrichtlinien, wie z. B. Maschinen-Richtlinie, Niederspannungs-Richtlinie [3] und Druckgeräte-Richtlinie DGRL [4]. Auch die EMV-Richtlinie [5] ist zu beachten.

Nach MRL müssen beispielsweise technische Unterlagen durch den Prüfstandshersteller erstellt werden (MRL, Anhang VII A). Der Besteller erhält mit dem neuen Prüfstand die Bedienungsanleitung mit den Angaben nach MRL Anhang I Nr. 1.7.4 sowie mit den erforderlichen Konformitätserklärungen.

Der Betrieb hydraulischer Prüfstände unterliegt der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [6]. Die Betreiber müssen alle ihre Maschinen und damit auch hydraulische Prüfstände einer Gefährdungsbeurteilung nach § 3 unterziehen und können, insbesondere bei älteren Prüfständen, gegebenenfalls zu dem Ergebnis kommen, dass technische Nachrüstungen erforderlich sind. Die Dokumentation dazu muss schriftlich erfolgen (siehe §§ 5,6 ArbSchG [7]) und ist aufzubewahren.

Auf der Grundlage der Betriebssicherheitsverordnung ist für ältere Prüfstände u. a. zu klären,

- ob nach Abschnitt 2 die unter § 8 Absatz 1 Nr. 1 verlangten Schutzmaßnahmen gegen „Gefährdungen durch die verwendeten Energien“ (unter anderem hydraulische Energie) getroffen sind, und
- ob nach § 9 Absatz 1 Nr. 10 die „Leitungen so verlegt sind, dass Gefährdungen vermieden werden“ und
- ob die unter § 9 Absatz 1 Nr. 4 erwähnten „Schutzeinrichtungen bei Splitter- oder Bruchgefahr sowie gegen herabfallende oder herausschleudernde Gegenstände“

vorhanden sind.

In der vorliegenden Informationsschrift werden nur die hydraulischen Prüfstände betrachtet, die als Betriebsmedium für die Prüfungen von hydraulischen Komponenten bzw. in den hydraulischen Prüfständen ausschließlich Druckflüssigkeiten der Fluidgruppe 2 nach Artikel 13 Absatz 1 Buchstabe b der DGRL verwenden.

Die Europäische Druckgeräte-Richtlinie fordert im Anhang I Abschnitt 3.2.2 für die Abnahme von Druckgeräten, dass dazu normalerweise hydrostatische Druckversuche durchzuführen sind und weist darauf hin, dass bestimmte Bedingungen zu erfüllen sind, bevor andere Prüfungen als die hydrostatischen Druckversuche durchgeführt werden dürfen.



Bild 2: Druck- und Dichtigkeitsprüfstand für Hydraulik-Schlauchleitungen mit geöffneter trennender Schutzeinrichtung

Da die in hydraulischen Prüfständen eingesetzten Steuerungs- und Leitungsbauteile in den meisten Fällen die relevanten Grenzwerte der DGRL nicht überschreiten und daher nicht unter die DGRL fallen, wird die DGRL in dieser Informationsschrift nicht näher betrachtet. Für die im hydraulischen Prüfstand eventuell eingebauten Hydrospeicher oder Druckübersetzer ist hingegen die DGRL gegebenenfalls voll anzuwenden. Dies ist bei der Konstruktion eines Prüfstands im Einzelfall zu prüfen.

Falls abweichend von Druckflüssigkeiten Luft oder ähnliche inerte Gase verwendet werden sollten, wird an dieser Stelle bereits auf die Anforderungen in Abschnitt 5 der DGUV Information 213-062 „Druckprüfungen von Druckbehältern und Rohrleitungen – Flüssigkeitsdruckprüfungen, Gasdruckprüfungen“ (bisher BGI 619) [8] hingewiesen.

Die in dieser Informationsschrift gezeigten Lösungen für hydraulische Prüfstände wurden mit dem Institut für Arbeitsschutz IFA erarbeitet, stellen jedoch keine verpflichtende Vorgabe für Prüfmaschinenhersteller dar.

Weitere Hinweise zu den Anwendungsgrenzen sind in Abschnitt 8 zu finden.

2 Bauarten

In dieser „Fachbereich AKTUELL“ wird entsprechend der Prüfaufgabe zwischen hydraulischen Druckprüfständen und hydraulischen Bewegungsprüfständen unterschieden. Die Aufteilung der Bauarten hydraulisch betriebener Prüfstände kann aufgrund der unterschiedlichen Verwendungszwecke nach verschiedenen Kriterien erfolgen, siehe Tabelle 1.

Bei den Druckprüfständen geht die wesentliche Gefährdung vom Druck aus, der statisch oder dynamisch (Druckpulsation) aufgebracht werden kann. Dazu zählen Prüfstände zur Festigkeitsprüfung von Komponenten, Prüfstände zur Einstellung oder Funktionsprüfung von Bauteilen und Prüfstände zur Fehlersuche und Reparatur an Bauteilen oder Baugruppen.

Bauart	Prüfstände	Beispiele
1	Druckprüfstände	- Festigkeitsprüfstände (für Druck, Dichtigkeit) - Funktions- und Einstellprüfstände (z. B. Justieren von Kennwerten an Ventilen) - Fehlersuche (Reparatur- und Kundendienst)
2	Bewegungsprüfstände	- Statische Versuche (Zugversuche) - Dynamische Versuche (servohydraulische Dauerversuchsprüfstände, Crashsimulationsprüfstände)
3	Kombinierte Prüfstände	- Impulsdruckprüfstände mit überlagerter Bewegung - Prüfstände für An- oder Abtriebseinheiten (z. B. Motoren, Pumpen, Zylinder)

Tabelle 1: Bauarten von Prüfständen

Die Prüfstände der Festigkeitsprüfung werden u. a. zur Ermittlung des Berstdrucks (siehe Bild 1) drucktragender Hüllen oder zur Qualitäts-

sicherung in der Produktion für Druck- und Dichtigkeitstests (siehe Bild 2) eingesetzt.



Bild 3: Hydraulischer Komponentenprüfstand mit geöffneter trennender Schutzeinrichtung

Die Prüfstände zur Einstellung von Bauteilen oder Baugruppen (siehe Bild 3) dienen dem Justieren von Kennwerten hydraulischer Komponenten (wie Ventile, Pumpen, Motoren, Zylindern) oder Baugruppen sowie deren Funktionsüberprüfung unter Druck. Die Prüfstände zur Fehlersuche und Reparatur hydraulischer Bauteile und Baugruppen werden meist im Kundendienst zur Überprüfung von Reklamationen eingesetzt.



Bild 4: Hydraulischer Prüfstand für Zugversuche mit geschlossener trennender Schutzeinrichtung mit Polycarbonat-Sichtscheiben

Bei allen vorgenannten Prüfständen ist der Druck im System die Ursache für die Gefährdungen durch wegfliegende Teile oder austretende Druckflüssigkeitsstrahlen. Bei der Ermittlung des Berstdrucks handelt es sich in jedem Fall um eine zerstörende Prüfung.

Bei den Bewegungsprüfständen geht die wesentliche Gefährdung von einer hydraulisch erzeugten Bewegung aus. Dazu zählen Prüfstände mit hydraulisch angetriebenen Achsen zur Prüfung von Bauteilen und Baugruppen, wie z. B. Prüfstände für statische Versuche (Zugversuche, siehe Bild 4) oder für dynamische Versuche (Stoßdämpfertest oder Crashversuche).

Bei den Prüfständen für statische Versuche handelt es sich zum Beispiel um Maschinen zur Erzeugung großer Zug- und Druckkräfte, mit denen mechanische Bauteileigenschaften bestimmt werden. Diese können teilweise zu den *Werkstoffprüfmaschinen* nach DIN 51233 [9] zählen.



Bild 5: Hydraulischer Zylinderprüfstand mit geschlossener trennender Schutzeinrichtung

Die Prüfstände für dynamische Versuche umfassen u. a. Prüfstände für servohydraulisch gesteuerte Dauerversuche zur Ermittlung von Bauteileigenschaften unter anwendungstypischen Belastungskollektiven (siehe auch Bilder 8 und 9 im Abschnitt 4). Auch die Erzeugung kurzzeitiger extremer Beschleunigungen in Prüfständen zur Crashsimulation kann hydraulisch erfolgen.

Bei den vorgenannten Prüfständen können z. B. durch unerwarteten Anlauf oder Nichtanhalten einer Bewegung Gefährdungen durch Quetschen und Scheren auftreten

Weiterhin gibt es kombinierte Prüfstände, bei denen Druck und Bewegung gleichzeitig auftreten, wodurch verschiedene Gefährdungen entstehen, die auch gleichzeitig auftreten können und alle sicherheitstechnisch betrachtet werden müssen. Zu den kombinierten Prüfständen zählen zunächst Dichtigkeits-, Druck- und Funktionsprüfstände für Hydraulikzylinder (siehe Bild 5).

Ein weiteres Beispiel dazu sind Impulsdruckprüfstände mit überlagerter wechselnder Biegung für die Prüfung von Hydraulikschlauchleitungen nach den Prüfnormen DIN EN ISO 6802 [10] und DIN EN ISO 6803 [11], siehe Bild 10.

Ferner zählen auch Prüfstände für die Reparatur und Einstellung von Pumpen, Hydromotoren und Zylindern aufgrund des Auftretens von Druck und mechanischer Bewegung der Welle oder Kolbenstange zu den kombinierten Prüfständen.

Die Prüfstände der vorgenannten Bauarten, die in dieser Information als Bauart **1** bis **3** bezeichnet werden, sind sowohl im Entwicklungsbereich von Bauteilherstellern als auch in deren Serienproduktion und in der Instandsetzung und Reparatur im Einsatz.

Aufgrund der unterschiedlichen Häufigkeit der Eingriffe bei den beiden vorgenannten Verwendungen (Entwicklung sowie Serie) ergeben sich abweichende Anforderungen an die sicherheitsbezogenen Teile der Steuerungen. Zur einfacheren Unterscheidung werden in dieser Information die Prüfstände der Bauarten **1** bis **3** mit der Bezeichnung **E** für Entwicklung bzw. **S** für Serienproduktion bezeichnet.

3 Gefährdungen

An hydraulischen Prüfständen gibt es verschiedene Gefahren. Zum einen können die Prüflinge bei Versuchsreihen erwartet oder unerwartet mechanisch versagen (Bersten, Brechen usw.). Zum anderen können auch Teile der Ausrüstung eines Prüfstands durch Alterung oder Verschleiß versagen. Dieses Versagen ist bei der Konstruktion von Prüfmaschinen immer anzunehmen. Im Anhang I der MRL sind die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für alle Maschinen nach MRL und damit auch für die Konstruktion von hydraulischen Prüfständen festgelegt.

In dieser Information wird – auszugsweise – auf folgende Abschnitte der MRL hingewiesen:

- MRL, Anhang I, Nr. 1.1.3. Materialien und Produkte
Die für den Bau der Maschine eingesetzten Materialien oder die bei ihrem Betrieb verwendeten oder entstehenden Produkte dürfen nicht zur Gefährdung der Sicherheit und der Gesundheit von Personen führen. Insbesondere bei der Verwendung von Fluiden muss die Maschine so konstruiert und gebaut sein, dass sie ohne Gefährdung aufgrund von Einfüllung, Verwendung, Rückgewinnung und Beseitigung benutzt werden kann.
- MRL, Anhang I, Nr. 1.3.2. Bruchrisiko beim Betrieb
Starre oder elastische Leitungen, die Fluide – insbesondere unter hohem Druck – führen, müssen den vorgesehenen inneren und äußeren Belastungen standhalten; sie müssen sicher befestigt und/oder geschützt sein, so dass ein Bruch kein Risiko darstellt.
- MRL, Anhang I, Nr. 1.3.3. Risiken durch herabfallende oder herausgeschleuderte Gegenstände
Es sind Vorkehrungen zu treffen, um das Herabfallen oder das Herausschleudern von Gegenständen zu vermeiden, von denen ein Risiko ausgehen kann.
- MRL, Anhang I, Nr. 1.5.4. Montagefehler
Kann ein fehlerhafter Anschluss ein Risiko verursachen, so muss dies durch die Bauart der Anschlussteile unmöglich gemacht oder andernfalls durch Hinweise auf zu verbindenden Teilen und gegebenenfalls auf den Verbindungsmitteln unmöglich gemacht werden.
- MRL, Anhang I, Nr. 1.5.3. Nichtelektrische Energieversorgung [u. a. Hydraulik]
Eine mit einer nichtelektrischen Energiequelle betriebene Maschine muss so konstruiert, gebaut und ausgerüstet sein, dass alle von dieser Energiequelle ausgehenden potenziellen Risiken vermieden werden.
- MRL, Anhang I, Nr. 1.5.13. Emission gefährlicher Werkstoffe und Substanzen
Die Maschine muss so konstruiert und gebaut sein, dass das Risiko des Einatmens, des Verschluckens, des Kontaktes mit Haut, Augen und Schleimhäuten sowie des Eindringens von gefährlichen Werkstoffen und von der Maschine erzeugten Substanzen durch die Haut vermieden werden kann.
Dazu zählt auch die Injektion von Druckflüssigkeit unter die Haut.
- MRL, Anhang I, Nr. 1.6.3. Trennung von Energiequellen
Die Restenergie oder die gespeicherte Energie, die nach Unterbrechung der Energiezufuhr noch vorhanden sein kann, muss ohne Risiko für Personen abgeleitet werden können.

Zur Erfüllung der Anforderungen der MRL können harmonisierte europäische Normen verwendet werden. Bei fehlenden C-Normen für hydraulische

Prüfstände können die Typ-A- und Typ-B-Normen herangezogen werden. Die (Typ-A)-Norm DIN EN ISO 12100 [12] umfasst die allgemeinen Gestaltungsgrundsätze sowie die Risikobeurteilung.

Nr.	Besondere Gefährdungen an Hydraulik-Prüfständen	Abschnitt FB HM-086
1	Mechanische Gefährdungen – Umherfliegende Bruchstücke beim Bersten (Teile verschiedener Geometrie, Masse, Energie) – Quetschen/Scheren bei Bewegungsprüfständen (Zylinder, Bauteilprüfstände) – hochgehaltene Lasten – Flüssigkeitsstrahl unter Druck – Rutschgefahr durch ausgetretene Druckflüssigkeit	4.1 4.4
2	Gefährdungen durch Steuerungsfehler – Ungewollter Druckaufbau – Kein Druckabbau z. B. beim Öffnen der Schutzeinrichtung – Unerwarteter Anlauf von Bewegungen (Bewegungsprüfstände) – Nichtanhalten einer Bewegung	4.2
3	Gefährdungen durch Ausrüstungsmängel – Schlauchleitungsschäden – Verschleiß von Kupplungen und Verbindungen – unzureichende Einhausung von Aggregaten – fehlende oder unzureichende trennende Schutzeinrichtungen	4.3
4	Gefährdung durch Bedienungsfehler – Komprimierte Luft (mangelnde Entlüftung)	4.4
5	Gefährdung durch Druckflüssigkeit – Hautgefährdung – Verbrennungen – Brand und Explosion – Gefahrstoffemission durch Dämpfe oder Aerosole von Druckflüssigkeiten	 4.4 5.3 5.4, 5.5 5.6
6	Thermische Gefährdungen – Verbrennungen (z. B. an heißen Oberflächen)	4.4, 5.3
7	Gefährdung durch Vernachlässigung ergonomischer Prinzipien	5.6
8	Gefährdung durch Lärm – Schallemission	4.4, 5.7

Tabelle 2: Besondere Gefährdungen an Hydraulik Prüfständen

Insbesondere ist zu beachten, dass die inhärent sichere Konstruktionsweise und technische Schutzmaßnahmen immer Vorrang vor willensabhängiger persönlicher Schutzausrüstung bzw. Information zum Gebrauch hat.

In dieser „Fachbereich AKTUELL“ wird auf die zusätzlich zu betrachtenden Gefährdungen an hydraulischen Prüfständen (siehe Tabelle 2) eingegangen, die über die allgemein formulierten Gefährdungen für Maschinen nach DIN EN ISO 12100 hinausgehen oder diese präzisieren.

Für die sicherheitsrelevanten Teile von Steuerungen von Prüfständen ist eine Risikobeurteilung entsprechend der (Typ-B)-Norm DIN EN ISO 13849 Teil 1 [13] und Teil 2 [14] durchzuführen und der erforderliche Performance Level PL_r zu ermitteln. Für die eigentliche Hydraulikausrüstung gilt die (Typ-B-) Norm DIN EN ISO 4413 [15]. Für die elektrische Ausrüstung gilt die (Typ-B-) Norm DIN EN 60204-1 [16]. Alle erforderlichen Adaptierungen für die verschiedenen Prüflinge im Rahmen der bestimmungsgemäßen Verwendung gehören mit zum Prüfstand. Dazu zählen z. B. Befestigungselemente, Anschlussblöcke, Kuppelungen und Wellen sowie deren Verkleidungen.

Prüfstandhersteller haben eine generelle Pflicht zur Risikobeurteilung (für das vorgesehene Einsatzspektrum des Prüfstands) und zur Mitlieferung von sicheren Adaptierungen im Rahmen der bestimmungsgemäßen Verwendung und des vereinbarten Lieferumfangs. Spätere Änderungen und Ergänzungen liegen in der Verantwortung des Betreibers.

Je nach Anwendungszweck und Lieferumfang muss der Prüfstandhersteller detaillierte Hinweise zur Konstruktion und Fertigung der individuell erforderlichen Adaptierungen durch den Betreiber in der Betriebsanleitung mitliefern. Dazu zählen z. B. die Art der technischen Bauteile, Schrauben, deren Festigkeitsklasse, die Ausführung von Wellenverkleidungen, Beispielzeichnungen von Adaptierungen, Verkleidungen und Befestigungen.

Der Betreiber hat die Pflicht, die Vorgaben des Prüfstandherstellers beim Umrüsten auf andere Prüflinge bzw. beim Eigenbau von Adaptierungen inkl. passender Verkleidungen zu beachten.

4 Schutzmaßnahmen

4.1 Trennende Schutzeinrichtungen

Die Gefährdungen durch umherfliegende Bruchstücke und Flüssigkeitsstrahlen unter hohem Druck können nur vermieden werden, wenn der

Prüfstand mit einer ausreichend stabilen trennenden Schutzeinrichtung (Gehäuse, Sichtscheiben, Schutzbleche oder Hallenwand) ausgerüstet ist.

Die Absicherung des Zugangs zum Gefahrenbereich erfolgt über bewegliche trennende Schutzeinrichtungen (Arbeitsraumschutztüren), siehe Bild 6. Mit dieser Schutzmaßnahme können die Anforderungen der MRL, u. a. Anhang I Nr. 1.3.2 hinsichtlich des „Bruchrisikos“ umgesetzt werden.

Mit der trennenden Schutzeinrichtung können beispielsweise die Risiken für folgende Fälle reduziert werden:

- Versagen von Leitungsverbindungen und Hydraulikschlauchleitungen (Ausreißen aus der Einbindung, Platzen, Pinhole)
- Versagen der Schnelltrennkupplungen (Verschleiß)
- Wegfliegen von Stopfen (vertauschte Gewinde, fehlerhaft verstemmte Kugeln, Expander)
- Versagen von Dichtungen (Extrusion von O-Ringen)
- Bersten von unter Druck stehenden Gehäusen
- Fehler in der Steuerung der Prüffunktionen

Die Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen sind in der DIN EN ISO 14120 [17] definiert.



Bild 6: Geöffnete trennende Schutzeinrichtungen an einem Hydraulik-Prüfstand

4.1.1 Ermittlung der Dicke der Schutzscheiben

Aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren möglicher wegfliegender Teile mit unterschiedlichen Formen, Massen und Betriebsdrücken usw. kann

der FB HM den Herstellern pauschal keine gesicherten Werte für die Mindestdicke der Schutzscheiben vorgeben.

Die erforderliche Dicke der Schutzscheibe muss grundsätzlich aus der größten kinetischen Energie der möglichen wegfliegenden Teile ermittelt werden. Hierbei müssen die Eigenschaften (z. B. Masse, Form, Festigkeit) der Teile (inkl. Prüfstand-/Messausrüstungen) und die Prüfdrücke berücksichtigt werden.

Die kinetische Energie hängt dabei von der Masse des wegfliegenden Teils sowie der Geschwindigkeit ab. Die Geschwindigkeit ergibt sich aus der kurzfristigen Beschleunigung des Bauteils. Diese Beschleunigung hängt u. a. vom Druck und dem beteiligten Fluidvolumen ab. Auch der Abstand zwischen dem Prüfling und der trennenden Schutzeinrichtung hat einen Einfluss.

Die in einem unter Druck stehenden Bauteil gespeicherte Energie, die im Fall des Berstens für die *Beschleunigung* der Bruchstücke der drucktragenden Hülle des Prüflings sorgt, hängt neben dem Druck und dem Volumen (von Prüfling und verbundenen Leitungsteilen) auch von der

- Kompressibilität der Druckflüssigkeit sowie der
 - elastischen /plastischen Volumenänderung der drucktragenden Hüllen
- unter dem jeweiligen Prüfdruck ab.

Aufgrund der Vielzahl von nicht eindeutig bestimmbar Einflussfaktoren und der vielen Unwägbarkeiten sollten die errechneten Ergebnisse zur kinetischen Energie mit einem Sicherheitszuschlag versehen werden. Der FB HM kann pauschal keine gesicherten Werte für die Sicherheitszuschläge vorgeben.

Einige Hersteller von Druckprüfständen addieren auf die theoretisch ermittelte kinetische Energie bei Serien-Druckprüfständen (d. h. für eine einzelne klar definierte und wiederkehrende Prüfaufgabe in der Produktion) einen Sicherheitszuschlag von 100 %. Bei Entwicklungsprüfständen, bei denen verschiedenste Teile (neu entwickelte Prüflinge, Anschlussleitungen, Adapter usw.) teils erstmals unter Druck gesetzt werden, wird ein Sicherheitszuschlag von 200 % angesetzt. Daraus ergibt sich dann die Bemessungsenergie für die Auslegung einer trennenden Schutzeinrichtung, z. B. eine Polycarbonat-Sichtscheibe oder eine Blechwand.

Aufgrund des Alterungsverhaltens von Kunststoff-Sichtscheiben kann die Rückhaltefähigkeit im Laufe der Zeit abnehmen, so dass die Sichtscheiben ausgetauscht werden müssen.

Die Alterung bzw. Minderung der Rückhaltefähigkeit hängt u. a. von den Umgebungsbedingungen (Ölbenetzung, Oberflächenbeschichtung und vielen anderen Faktoren.) ab. Aus einigen Versuchsreihen zur Rückhaltefähigkeit von Polycarbonatscheiben an Drehmaschinen wurde ermittelt, das ungeschützte Polycarbonatscheiben nach 5 Jahren nur noch über rund 50 % der ursprünglichen Rückhaltefähigkeit und nach 10 Jahren nur noch über rund 20 % der ursprünglichen Rückhaltefähigkeit verfügen. Für Vergleichszwecke wird die Literatur über die Versuchsreihen für Sichtscheiben von Mewes, Warlich & Trapp [18] empfohlen.

Der grob beschriebene Verlauf der Abnahme der Rückhaltefähigkeit hängt von einer Reihe weiterer Faktoren wie Materialzusammensetzung des Polycarbonats, den eingesetzten und oberflächenbenetzenden Druckflüssigkeiten oder Schmierstoffen und auch der Verkratzung ab. Die Zahl möglicher Parameter bzw. Unwägbarkeiten macht es für den FB HM insgesamt schwierig, gesicherte Werte für Mindestdicken von Polycarbonat-Sichtscheiben vorzugeben. Werden etwas dickere Sichtscheiben eingesetzt, beginnt die Minderung der Rückhaltefähigkeit „auf höherem Rückhalte-Niveau“ und ermöglicht längere Austauschintervalle, was den Instandhaltungsaufwand bei den Prüfstandbetreibern reduziert. Neben der Festigkeit der Sichtscheibe sollte jedoch auch eine mögliche Verkratzung der Sichtscheibe nach einiger Zeit im Betriebsalltag mitberücksichtigt werden. Eine zu dicke Erstausslegung macht wenig Sinn bei hoher Verkratzung und optisch bedingtem frühen Austausch.

Auf Basis der Bemessungsenergie (aus kinetischer Energie zzgl. Sicherheitsfaktor) und unter Berücksichtigung eines Zuschlags (für die Alterung bzw. die Abnahme der Rückhaltefähigkeit) ergibt sich die Bemessungsdicke der Polycarbonatscheibe für deren geplante Einsatzdauer.

Eine ähnliche Vorgehensweise ist bei der Festlegung von metallischen Trennwänden erforderlich.

Bei einigen Prüfständen können je nach Prüfaufgabe bzw. Prüfdruck beispielsweise Polycarbonat-Sichtscheiben mit einer Dicke von beispielsweise 8 mm Polycarbonat bestimmt werden.

Nach bisherigen Erfahrungen entspricht die Rückhaltefähigkeit von 8 mm Polycarbonat derjenigen eines 3 mm starken Stahlbleches DC01.

Erfordert die Auslegung eine Polycarbonatscheibe hoher Dicke, sollte diese Dicke durch Zusammenstellung mehrerer Einzelscheiben zu einem Scheibenpaket realisiert werden (z. B. 4+8+4 mm = 16 mm). Die Kanten dieses Pakets und auch die Außenoberflächen müssen (z. B. durch eine ölbeständige Beschichtung) geschützt sein.

Die Mindestdicke von Sichtscheiben und anderen trennenden Schutzeinrichtungen muss von den Herstellern aufgrund der Prüfungsaufgabe, aller relevanten Randbedingungen und der möglichen Aufprallenergie wegfliegender Teile ermittelt werden und bleibt allein in der Verantwortung der Hersteller; bei Eigenbauten durch Betreiber gilt Entsprechendes.

Falls es für Betreiber nicht möglich ist, die kinetischen Energien zu berechnen und die erforderliche Dicke der trennenden Schutzeinrichtung für ihren individuellen Prüfstand zu ermitteln und es auch keine Erfahrungen der Hersteller gibt, kann auch der FB HM diese Dicke konkret nicht vorgeben.

Aufgrund seiner Erkenntnisse aus Beratungen mit Prüfstandherstellern und der Beobachtung des bisherigen Unfallgeschehens beim Betrieb von Prüfständen schlägt der FB HM in dieser Informationsschrift Werte für eine Mindestdicke von Polycarbonat-Sichtscheiben an hydraulischen Prüfständen vor, bei denen es bisher nicht zu Gefährdungen gekommen ist. Diese Werte sind durch Versuche im Institut für Arbeitsschutz IFA und Analogiebetrachtungen zu Rückhaltevermögen von Sichtscheiben in anderen Applikationen bestätigt worden. Die Daten der folgenden Tabelle 3 können bei der Konstruktion als Anhaltswert oder zum Vergleich dienen.

Druck p (bar)	Empfohlene Scheibendicke
≤ 300	6 mm
> 300 ≤ 500	8 mm
> 500 ≤ 1.000	12 mm
> 1.000 ≤ 2.000	16 mm
> 2.000 ≤ 4.000	28 mm

Tabelle 3: Empfohlene Mindestdicke von Polycarbonat-Sichtscheiben für hydraulische Prüfstände

Bei Werten über p = 4.000 bar darf nicht extrapoliert werden.

Der Hersteller muss in der Betriebsanleitung zum Prüfstand darauf hinweisen, dass die Prüfungen der trennenden Schutzeinrichtungen und aller Einbauten (z. B. Messanschlüsse, Schlauchleitungen) innerhalb des Prüfstands auf den arbeits-sicheren Zustand in regelmäßigen Zeitabständen durch zur Prüfung befähigte Personen durchzuführen sind.

Das Auswechselintervall der Polycarbonat-Sichtscheiben wird bei etlichen Herstellern mit fünf Jahren angegeben.

Für eine Verlängerung der Auswechselintervalle der Polycarbonat-Sichtscheiben muss sichergestellt sein, dass

- entsprechende Erfahrungswerte seitens der Maschinenhersteller, der Sichtscheibenlieferer oder des Betreibers des Prüfstands vorliegen, die eine gefahrlose Weiterverwendung über die empfohlene maximale Verwendungsdauer hinaus zulassen,
- eine schriftlich dokumentierte Gefährdungs- bzw. Risikobeurteilung durch den Arbeitgeber durchgeführt wurde, bei der auch Schutzmaßnahmen für den Fall des Versagens von Hydraulik-Schlauchleitungen und drucktragenden Einbauten innerhalb des Prüfstands berücksichtigt wurden, und
- die Prüfungen der eingebauten Sichtscheiben und der Hydraulik-Schlauchleitungen und sonstigen drucktragenden Einbauten auf den arbeitssicheren Zustand in angepassten, erforderlichenfalls verkürzten Zeitabständen durch zur Prüfung befähigte Personen erfolgen.

Aufgrund der Verlängerung der Auswechselintervalle der Sichtscheiben darf keine gefahrbringende Situation entstehen, durch die Beschäftigte oder andere Personen verletzt werden können.

Kriterien für den Austausch von Polycarbonat-Sichtscheiben sind:

- blind gewordene Sichtscheiben
- Risse in den Sichtscheiben
- eingedrungene Medien in den Zwischenräumen von Scheibenverbunden
- mechanische Beschädigungen, z. B. durch Prüfbetrieb.

Bei beobachtetem Versagen von Sichtscheiben (auch Beinahe-Unfälle) im Betrieb oder wenn bei den wiederkehrenden Prüfungen häufiger Schäden oder Mängel an den Sichtscheiben festgestellt werden, sollten neben der Erforschung der Ursachen auch die Prüfungs- und Auswechselintervalle der Sichtscheiben verkürzt oder die Dicke der Sichtscheiben erhöht werden.

Der Hersteller des Prüfstands muss aufgrund seiner Kenntnis der Prüfaufgabe und der Dimensionierung des Sichtscheibenpaketes in der Betriebsanleitung:

- ein Austauschintervall der Sichtscheiben empfehlen, und
- darauf hinweisen, dass die Dicke der ausgewählten Sichtscheiben und trennenden Schutzeinrichtungen für die bestimmungsgemäße Verwendung ausgewählt worden ist und es sich bei eventuellen späteren Änderungen der Verwendung des Prüfstands u. U. um eine wesentliche Veränderung des Prüfstands im Sinne des Interpretationspapiers [19] zum Produktsicherheitsgesetz handeln kann, für die eine neue Konformitätsbeurteilung erforderlich ist.

Die oben angeführte Tabelle 3 sollte auch für die Ermittlung der erforderlichen Dicke nachträglicher Sichtscheiben an älteren hydraulischen Prüfständen zur Beurteilung der Schutzmaßnahmen herangezogen werden.

Bei erforderlichen Verkleidungen von Hydraulikleitungen an sonstigen Altmaschinen, in denen keine Drucktests durchgeführt werden und bei denen bei bestimmungsgemäßer normaler Verwendung kaum mit dem Bersten von drucktragenden Teilen gerechnet werden muss, aufgrund von Personenverkehr jedoch Gefährdungspotenzial besteht, kann die Tabelle ebenfalls zur Beurteilung der Schutzmaßnahmen herangezogen werden. Aufgrund der für diese Anwendungen eher etwas zu großen Scheibendicke nach Tabelle 3 können Betreiber bei ihrer individuellen Gefährdungsbeurteilung nach § 3 BetrSichV zu dem Ergebnis kommen, die Auswechselintervalle der Sichtscheiben unter Berücksichtigung der individuellen betrieblichen Voraussetzungen und ihrer Erfahrungswerte zu verlängern.

Gerne nimmt der FB HM der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV betriebliche Erfahrungswerte in Zusammenhang mit der Dimensionierung und der Haltbarkeit von Sichtscheiben an Prüfständen zu Optimierungszwecken und aus Gründen der Qualitätssicherung entgegen (Anschrift siehe Seite 27).

Hersteller von trennenden Schutzeinrichtungen müssen die Sichtscheiben und sonstigen Trennwände sicher auslegen. Die Mindestdicke und die Vorgabe des Auswechselintervalls bleiben jeweils allein in der Verantwortung der Hersteller; bei Eigenbauten durch Betreiber des Prüfstands gilt Entsprechendes.

4.1.2 Weitere Anforderungen an den Aufbau

Die Stützpfeiler und der Rahmen der trennenden Schutzeinrichtung (Einhausung, Überdeckung und Befestigung der Sichtscheiben, Befestigungsmittel und gegebenenfalls Füllwerkstoffe) müssen so ausgewählt und angebracht werden, dass ein stabiler Aufbau erreicht wird.

Die Informationsschrift FBHM-040 „Schuttscheiben an Werkzeugmaschinen der Metallbearbeitung“ [20] empfiehlt aufgrund von Versuchen mit mittigem Beschuss von Sichtscheiben an Türen von Drehmaschinen mit einer Geschossmasse von 2,5 kg verschiedene Überlappungen. Beispielsweise wird eine allseitige Überlappung mit mindestens 40 mm Überstand bei einer Scheibendicke von 8 mm oder eine allseitige Überlappung vom 25 mm Überstand bei einer Scheibendicke von 12 mm empfohlen. Ausführlichere Informationen hierzu sind der Informationsschrift FBHM-040 zu entnehmen.



Bild 7: Manuell einstellbare Schutzeinrichtung für größtmöglichen Schutz bei Einstellarbeiten an Pumpenprüfstand in separatem Prüfraum

Für Einstellarbeiten an Prüflingen kann es erforderlich sein, dass die Bedierson mit Werkzeugen (z. B. Schraubendreher) in den Arbeitsraum eingreifen muss. Daher ist bei der Konstruktion des Prüfstands die Aufspannung des Prüflings so auszuführen, dass Einstellschrauben durch eine kleinstmögliche Öffnung in der trennenden Schutzeinrichtung mit Werkzeug erreicht

werden können. Bei Prüfständen mit verschiedenen wechselnden Prüflingsgrößen kann es erforderlich sein, die jeweils zum Prüfling passenden trennenden Schutzeinrichtungen mit kleinstmöglicher Öffnung umzurüsten. Alternativ können einstellbare trennende Schutzeinrichtungen Verwendung finden.

Bei einigen Prüfaufgaben, z. B. bei Einstellarbeiten in großen Prüfständen mit begehbarem Prüfraum, können verstellbare Schutzeinrichtungen verwendet werden. Diese bieten der Bedienerperson unter Verwendung von Zustimmungseinrichtungen einen größeren Schutz (siehe Bild 7).

Werden bewegliche trennende Schutzeinrichtungen verwendet, müssen sie mit der Steuerung verriegelt werden. Näheres siehe Abschnitt 4.2.2.

Sofern die Anwendung und das Handling verriegelter trennender Schutzeinrichtungen unter gar keinen Umständen möglich sind, müssen Prüfstandshersteller in der Betriebsanleitung für diese Restrisiken *organisatorische* Maßnahmen festlegen, die aufgrund ihrer Erfahrung ausreichend sind und die die Betreiber umsetzen müssen.

Zu den organisatorischen Maßnahmen zählt das Verwenden von mobilen trennenden Schutzeinrichtungen (wie Abdeckungen oder Trennwänden), die nicht mit der Steuerung verriegelt sind. Sollte auch dies nicht möglich sein, wäre dann in der Betriebsanleitung des Herstellers bzw. durch eine betreiberseitige Betriebsanweisung festzulegen bzw. zu regeln, dass beispielsweise:

- die Prüflinge nach Einbau und Anschluss zunächst von einem sicheren Bedienplatz aus gesteuert mit Volllast, das heißt mit höchstem Druck, höchster Drehzahl usw., vorgeprüft werden,
- die Prüflinge anschließend nach Abschalten der Energie oder nach Druckentlastung auf erkennbare Schäden, wie Undichtigkeiten an Anschlüssen, an den Zuleitungen o. Ä., visuell geprüft werden und erst dann
- an den jeweiligen Arbeitspunkten der Prüflinge die Einstellarbeiten unter Druck unter Verwendung persönlicher Schutzausrüstung durchgeführt werden.

Es ist möglich, die Anforderungen hinsichtlich der Schutzmaßnahmen in Form von trennenden Schutzeinrichtungen beispielsweise für Prüfstände für sehr große Prüfobjekte durch entsprechende bauliche Einrichtungen, z. B. einen

separaten Prüfraum mit entsprechend gesicherter Zugangstür, zu erfüllen (siehe Bild 8).

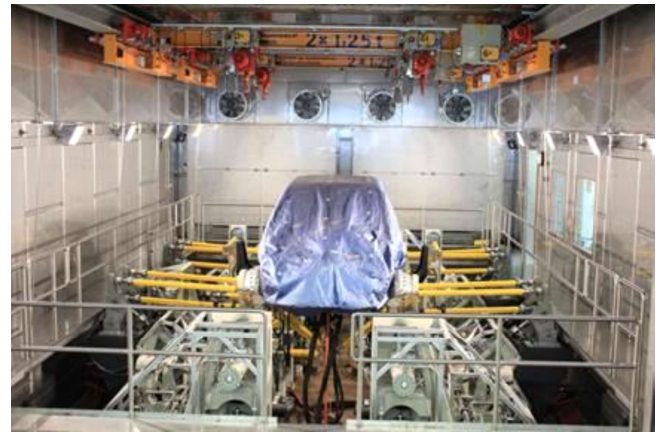


Bild 8: Servohydraulischer Fahrwerksprüfstand in separatem Prüfraum

Insbesondere an den Zugängen zu dem gefährdeten Bereich und außen auf den verriegelten Zugangstüren sind zusätzlich Schilder (Verbotsschilder P006: „Zutritt für Unbefugte verboten“) anzubringen.

4.2 Steuerungstechnische Schutzmaßnahmen

4.2.1 Steuerungstechnische Anforderungen

Aufgrund der unterschiedlichen Bauarten 1 bis 3 und der Verwendungen E (Entwicklung) und S (Serienproduktion) ergeben sich abweichende Anforderungen an die sicherheitsbezogenen Teile der Steuerungen nach DIN EN ISO 13849-1, die in den nachfolgenden Unterabschnitten jeweils mit einer Tabelle erläutert werden. Es werden beispielhaft die bei Prüfständen relevantesten Sicherheitsfunktionen betrachtet.

Die in den folgenden Abschnitten erläuterten Schutzmaßnahmen ersetzen nicht die erforderliche eigenverantwortliche Risikobeurteilung durch den Hersteller. Der Hersteller kann bei seiner individuellen Risikobeurteilung seines Prüfstandes gegebenenfalls zu anderen Sicherheitsfunktionen und entsprechenden Performance-Levels gelangen. Falls der Hersteller bei seiner Risikobeurteilung eines neuen Prüfstands, auf Basis des Anhangs A, Nr. A.2.3.2 der DIN EN ISO 13849-1 von 2016, eine niedrige „Eintrittswahrscheinlichkeit eines Gefährdungsereignisses“ heranziehen will, muss er die Unfallgeschichte an vergleichbaren Prüfmaschinen (mit denselben Risiken, gleichem Prozess, derselben Betätigung durch die Bedienerperson

und gleichen Technologien) begründbar nachweisen können, um diese Einschätzung begründen zu dürfen. Eine niedrige Zahl an Unfällen könnte also die bestehende PL_r-Einschätzung, auf der die Unfallgeschichte basiert, bestätigen. Sie ist aber nicht als Argument geeignet, einen festzulegenden PL_r für eine Sicherheitsfunktion eines neuen Prüfstands niedriger abzuschätzen als es dem aktuellen Stand ausgelieferter Prüfstände entspricht.

4.2.1.1 Druckprüfstände

Bei den Druckprüfständen wird in dieser Informationsschrift nicht zwischen Einricht- und Prüfbetrieb unterschieden, da in der Regel kein Einrichtbetrieb unter Druck erforderlich ist und die Prüfung bei geschlossener trennender Schutzeinrichtung erfolgt. In der Tabelle 4 sind einige Sicherheitsfunktionen (SF) für die Bauarten 1E (Druckprüfstände in der Bauteil-Entwicklung) sowie 1S (Druckprüfstände in der Serienproduktion) beispielhaft mit Risikograf und erforderlichem Performance-Level PL_r genannt.

SF	Beschreibung	Risikograf Bauart		PL _r Bauart		Bemerkung
		1E	1S	1E	1S	
1	Schutz vor unerwartetem Druckaufbau	S2 F1 P2	S2 F2 P2	d	e	bei geöffneter Schutztür
2	Sichere Druckentlastung	S2 F1 P2	S2 F2 P2	d	e	vor Öffnung der Schutztür

Tabelle 4: Sicherheitsfunktionen an Druckprüfständen der Bauart 1E (Druckprüfstände in der Bauteil-Entwicklung) sowie Bauart 1S (Druckprüfstände in der Serienproduktion)

Die in der Tabelle 4 Bauart 1S aufgelisteten steuerungstechnischen Anforderungen an die Sicherheitsfunktionen beziehen sich auf eine manuelle Beschickung des Prüfstands mit Prüfobjekten.

Bei vollständig automatisiertem Beladen eines Prüfstands, z. B. in der 100 %-Qualitätsprüfung hinsichtlich Dichtigkeit von Bauteilen, einschließlich des automatisierten Anschließens bzw. des Herstellens der drucktragenden Verbindungen des Prüfobjekts können sich gegebenenfalls geringere Anforderungen ergeben.

Für das seltenere manuelle Einrichten eines automatisierten Prüfstands kann konstruktionsseitig bei der individuellen Gefährdungsbeurteilung und Risikobewertung dann u. U. im Risikograf oder bei

den Sicherheitsfunktionen der Tabelle 4 Bauart 1S z. B. F1 angenommen werden, was zu einem niedrigeren Performance-Level PL_r führt. Für diese automatisierten Prüfstände sind weitere Schutzmaßnahmen entsprechend DIN EN ISO 12100 und weiteren Normen zu beachten, auf die in dieser Informationsschrift nicht eingegangen wird.

Für den Fall, dass die zu prüfenden Bauteile mit Hilfe kraftbetätigter Spanneinrichtungen fixiert werden, ist auch für diese Spannfunktion eine Risikobeurteilung durchzuführen. Hierbei können verschiedene Maßnahmen zur Risikominderung getroffen werden, wie z. B. Tippbetrieb, begrenzter Spannhub, reduzierte Geschwindigkeit, reduzierte Kraft.



Bild 9: Servozylinder für hochdynamische Simulation von Bewegungen in separatem Prüfraum

4.2.1.2 Bewegungsprüfstände

Bei den Bewegungsprüfständen (siehe Bild 9) wird in dieser Information zwischen Einricht- und Prüfbetrieb unterschieden.

In der Tabelle 5 sind einige Sicherheitsfunktionen (SF) für die Bauarten 2E (Bewegungsprüfstände in der Bauteilentwicklung) sowie 2S (Bewegungsprüfstände in der Serienproduktion (Stichproben, Qualitätssicherung)) beispielhaft mit Risikograf und erforderlichem Performance-Level PL_r genannt.

SF	Beschreibung	Risiko- graf Bauart		PL _r Bauart		Bemerkung
		2E	2S	2E	2S	
1	Schutz vor unerwartetem Druckaufbau	S2 F1 P2	S2 F2 P2	d	e	bei geöffneter Schutztür
2	Sichere Positionierung der Prüfachse zur Aufnahme des Prüflings	S2 F1 P2	S2 F2 P2	d	e	bei geöffneter Schutztür ohne risikomindernde Maßnahmen
3	Sicheres Spannen des Prüflings	S2 F1 P2	S2 F2 P2	d	e	z. B. schwerkraftbelastete Traverse, bei geöffneter Schutztür
4	Sicherer Stopp der Bewegung	S2 F1 P2	S2 F2 P2	d	e	vor Öffnen der Schutztür
5	Betriebsartenwahl	S2 F1 P2	S2 F2 P2	d	e	Identisch mit höchstem PL _r

Tabelle 5: Sicherheitsfunktionen an Bewegungsprüfständen der **Bauart 2E** (Bewegungsprüfstände in der Entwicklung) und der **Bauart 2S** (Bewegungsprüfstände in der Serienproduktion)

Für den Fall, dass zum Einrichten Prüfachsen verfahren werden müssen, können risikomindernde Maßnahmen, z. B. sicher begrenzte Geschwindigkeit < 10 mm/s und Tippbetrieb, getroffen werden. Aufgrund dieser Maßnahmen kann im Risikograf für die Sicherheitsfunktion SF 2 ggf. P1 angenommen werden, was zu einem niedrigerem Performance-Level PL_r führen kann. Die Steuerungsvorgaben für den Tippbetrieb gemäß DIN EN 60204-1 Nr. 9.2.4 sind zu beachten.

4.2.1.3 Kombinierte Prüfstände

Bei den kombinierten Prüfständen können Druck und Bewegung gleichzeitig auftreten (siehe auch Abschnitt 2, Bauart 3). Daher müssen die Gefährdungen sowohl durch Druck als auch durch Bewegung sicherheitstechnisch betrachtet werden. Werden beispielsweise Pumpen oder Hydromotoren auf Druck getestet, müssen rotierende Wellen durch trennende Schutzeinrichtungen verkleidet sein.

Das gleichzeitige Auftreten von Druck und Bewegung kann sowohl bei Prüfständen im

Entwicklungsbereich (Bauart 3E) als auch in der Serienfertigung (Bauart 3S) zutreffen.

Auch Kundendienstprüfstände (für Reparatur- und Instandsetzung) können je nach Häufigkeit des Wechsels der zu prüfenden Bauteile oder Aggregate unter die Serienprüfstände fallen.

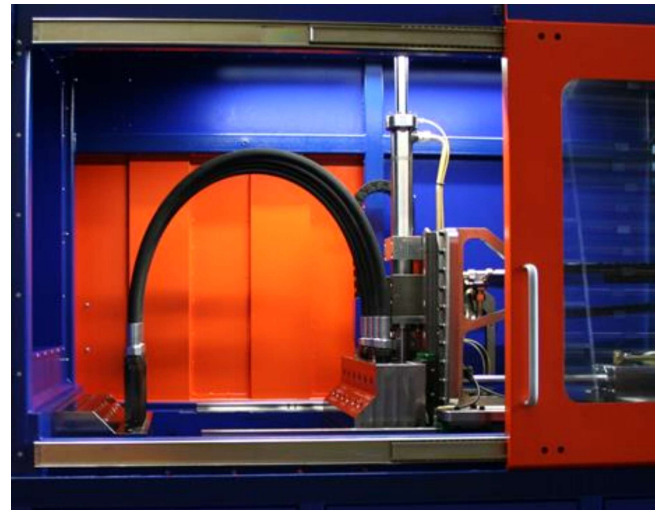


Bild 10: Geöffneter kombinierter Prüfstand für Druck und Bewegung

Auch bei den kombinierten Prüfständen sind alle Sicherheitsfunktionen zu definieren. Aufgrund der sich überlagernden Gefährdungen sind mindestens die zutreffenden Sicherheitsfunktionen aus den beiden Tabellen in den Abschnitten 4.2.1.1 und 4.2.1.2 zu berücksichtigen.

Für kombinierte Prüfstände (Bauart 3) sind mindestens die jeweiligen Sicherheitsfunktionen der entsprechenden Spalten in den beiden Tabellen 4 und 5 anzuwenden. Das sind für kombinierte Prüfstände im Entwicklungsbereich (Bauart 3E) die Spalten zu 1E und 2E sowie für kombinierte Prüfstände der Serienproduktion einschließlich Instandsetzung und Reparatur (Bauart 3S) die Spalten zu 1S und 2S.

4.2.2 Steuerungstechnische Realisierung

4.2.2.1 Steuerungstechnische Einbindung beweglicher trennender Schutzeinrichtungen

Entsprechend des in den Tabellen in Abschnitt 4.2.1 angegebenen Performance-Levels sind geeignete Schutzeinrichtungen auszuwählen und in die Steuerung einzubinden.

Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen können mit und ohne Zuhaltung ausgerüstet werden. Eine Zuhaltung ist in der Regel dann erforderlich, wenn beim Prüfvorgang z. B. ein gefahrbringender Nachlauf oder eine zeitverzögerte Druckent-

lastung auftreten kann. Die Freigabe der beweglichen trennenden Schutzeinrichtung darf erst dann erfolgen, wenn die Druckfreiheit der Prüfstrecke oder der Stillstand der Bewegung durch die Steuerung festgestellt worden ist. Ist eine Zuhaltung nicht erforderlich, kann eine Stellungsüberwachung der beweglichen trennenden Schutzeinrichtung z. B. durch Positionsschalter erfolgen, wobei einer möglichen Umgehung vorgebeugt werden muss.

Die Gestaltung und Auswahl von Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen ist in der Norm DIN EN ISO 14119 [21] beschrieben. Dort sind auch die Anforderungen an Fluchtentriegelungen definiert.

4.2.2.2 Betriebsartenwahlschalter

Die in dieser Informationsschrift unter den Abschnitten 4.2.1.1 und 4.2.1.2 genannten Prüfstände erfordern für den Betrieb unterschiedliche Betriebsarten (Einrichtbetrieb und Prüfbetrieb). Zur Änderung der Betriebsart werden an Prüfmaschinen nach MRL Betriebsartenwahlschalter eingesetzt.

Da für die vorgenannten Betriebsarten unterschiedliche Schutzmaßnahmen erforderlich sind, muss ein in jeder Stellung abschließbarer Betriebsartenwahlschalter vorhanden sein. Dabei muss jede Stellung des Wahlschalters deutlich erkennbar sein und darf nur einer Steuer- oder Betriebsart entsprechen (siehe MRL Anhang I, Abschnitt 1.2.5). Die gewählte Steuerungs- und Betriebsart muss allen anderen Steuerungs- und Betriebsfunktionen außer Not-Halt übergeordnet sein.

Im Einrichtbetrieb erfordern bestimmte Arbeiten einen Betrieb bei aufgehobener Schutzwirkung der Schutzeinrichtungen. Daher sind der entsprechenden Wahlschalterstellung gleichzeitig folgende Steuerungsvorgaben zuzuordnen:

- Alle anderen Steuerungs- oder Betriebsarten sind nicht möglich. Das bedeutet ein Außer-Funktion-Setzen und Verhindern aller anderen Betriebsarten/Steuerungsarten.
- Es sind nur Funktionen möglich, solange die entsprechenden Befehlseinrichtungen betätigt werden (Befehlseinrichtungen mit selbsttätiger Rückstellung wie Tippschaltung, Zustimmungsschaltung).
- Der Betrieb gefährlicher Funktionen ist nur unter geringeren Risikobedingungen (z. B. begrenzte Geschwindigkeit, reduzierter Druck, reduzierte Kraft, Schrittbetrieb, Begrenzung des Bewegungsbereichs) möglich und unter Ausschaltung von Gefährdungen, die sich aus Befehlsverkettungen ergeben.

- Der Betrieb gefährlicher Funktionen durch absichtliche oder unabsichtliche Einwirkung auf die Sensoren (z. B. Drucksensoren, Positionsschalter) des Prüfstands ist nicht möglich.

Weitere Hinweise zur Betriebsartenwahl enthält Abschnitt 4.1 des IFA-Reportes 07/2013 [22].

4.2.2.3 Servohydraulische Steuerungen

Servohydraulische Steuerungen in hydraulischen Prüfständen können im allgemeinen nicht die Anforderungen der DIN EN ISO 13849 erfüllen. Daher muss in solchen Fällen eine sicherheitsgerichtete Steuerung übergeordnet wirken. Hierbei sind vor allem Reaktionszeiten und die daraus resultierenden Nachlaufbewegungen zu berücksichtigen.

Ein gesteuerter „Betriebshalt“ einer servohydraulischen Achse ist *kein* energieloser Zustand und damit auch *nicht der sichere* Zustand, da Servoventile in der Regel nicht die grundlegenden und bewährten Sicherheitsprinzipien der DIN EN ISO 13849-2 erfüllen und somit in sicherheitsgerichteten Teilen von Steuerungen nicht einsetzbar sind. Diese Ventile verfügen z. B. über *keine* definierte sicherheitsgerichtete Schaltstellung und halten somit *nicht* das Ruhestromprinzip ein.

Bei diesen Steuerungen kann ein sicherer Zustand *dann* angenommen werden, wenn alle Energien abgebaut sind, d. h. die elektrische und die elektronische Steuerung in entsprechendem Performance Level abgeschaltet sind, alle hydraulischen Speicher sicher gesperrt oder entleert, alle schwerkraftbelasteten Achsen (z. B. Vertikalachsen) in die unterste Stellung abgesenkt und alle anderen Energiespeicher (z. B. Federn) entlastet sind, so dass der Hydraulikkreis *drucklos* ist und bleibt.

In der Bedienungsanleitung sind Schutzmaßnahmen für das Einrichten, Warten und Instandsetzen an servohydraulischen Prüfständen zu erläutern.

4.3 Maßnahmen durch Ausrüstung

4.3.1 Hydraulische Ausrüstung

Bei der Konstruktion von hydraulischen Prüfständen sind hinsichtlich der hydraulischen Ausrüstung die Vorgaben der DIN EN ISO 4413 zu beachten.

Die Informationsschrift FBHM-061 „Prüfliste Hydraulik“ enthält die wichtigsten Punkte der DIN EN ISO 4413 in Form einer Checkliste. Die Liste kann und darf aus Urheberrechtsgründen jedoch nicht die gesamte DIN EN ISO 4413 abbilden bzw. ersetzen. Für die Beurteilung

älterere Prüfstände sind je nach Baujahr und/oder bereits erfolgten Umbauten eventuell auch ältere Anforderungen und Normen zu berücksichtigen.

Aufgrund der Erfahrung des FB HM mit zahlreichen hydraulischen Prüfständen verschiedener Anwendungszwecke, Bauarten, Betriebsweisen und Prüfdruckniveaus haben insbesondere die nachfolgenden Schutzmaßnahmen eine zentrale Bedeutung. Diese betreffen nicht nur die Neukonstruktion, sondern auch die Nachrüstung vorhandener älterer hydraulischer Prüfstände (siehe BetrSichV sowie Abschnitt 1 dieser Information).

Folgendes ist zu berücksichtigen:

- Vorzugsweise sind Rohrleitungen zu verwenden,
- Rohrleitungsverbindungen, deren Ausfall zur Gefährdung von Personen führen kann, sollten formschlüssig ausgeführt sein, z. B. als Bördelverbindungen,
- Schlauchleitungen, deren Ausfall zur Gefährdung von Personen – sowohl im Arbeitsraum des Prüfstands als auch am zugehörigen Hydraulikaggregat – führen kann, sind verdeckt einzubauen; ist dies nicht möglich, müssen sekundäre Maßnahmen getroffen werden wie:
 - Ausreißsicherung (z. B. ausreißsichere Armaturen, Fangseile, Schutzstrümpfe)
 - Schlauchleitungen sind mit „Berstschutzschlauch“ zu versehen bzw. zu überziehen.

Die Montagevorschriften der Hersteller sind genau einzuhalten.

Zusätzlich kann es erforderlich sein, weitere Maßnahmen zu treffen, wie zum Beispiel:

- Überdimensionierung von Schlauchleitungen
- Verkürzung der Prüfintervalle
- Verkürzung der Austauschintervalle
- Verwendung von Schlauchleitungen, deren Funktionssicherheit durch zutreffende Prüfverfahren nachgewiesen wurde (Hydrostatische Prüfung nach DIN EN ISO 1402 [23], Impulsdruckprüfung nach DIN EN ISO 6803),
- Verwendung von Schlauchleitungen mit vollständiger und dauerhafter Kennzeichnung, siehe DGUV-Regel 113-020 „Hydraulik-Schlauchleitungen und Hydraulik-Flüssigkeiten – Regeln für den sicheren Einsatz“ [24]
- Der Einbau der Schlauchleitungen muss so erfolgen, dass:
 - der Mindestbiegeradius nicht unterschritten wird,
 - das Verdrehen (Tordieren) des Schlauchs auf ein Minimum reduziert ist,
 - der Abrieb des Schlauchs minimiert ist,
 - Schlauchleitungen nicht über scharfe Kanten verlegt werden,
 - scharfe Kanten im Prüfbereich z.B. mit Kantenschutz entschärft sind.

Dauererprobungsprüfstände, die z. B. von einer Zentralhydraulikanlage mit Druckflüssigkeit versorgt werden und die über lange Zeit ohne unmittelbares Bedienpersonal gefahren werden, sollten mit einer Abschaltautomatik ausgerüstet werden, um beispielsweise bei einer möglichen Leckage in der Nacht einen unkontrollierten Ölaustritt zu verhindern.

4.3.2 Elektrische Ausrüstung

Für die Gestaltung der elektrischen Ausrüstung der hydraulischen Prüfstände sind die Festlegungen der DIN EN 60204-1 zu beachten.

Die elektrische Ausrüstung muss für die physikalischen Umgebungsbedingungen und für die Betriebsbedingungen ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung, d. h. die Bedingungen, wie sie beim Betrieb der Prüfstände sowohl im Einrichtbetrieb als auch im Prüfbetrieb vorkommen, geeignet sein. Im Bild 11 wird ein geöffneter Schaltschrank eines Druckprüfstands gezeigt.



Bild 11: Geöffneter Schaltschrank eines Prüfstands

Die in DIN EN 60204-1 beschriebenen Anforderungen decken die physikalischen Umgebungsbedingungen und Betriebsbedingungen für die Mehrzahl der hydraulischen Prüfstände ab. Falls die Parameter der Einsatzbedingungen des Prüfstands die Parameterbereiche (Grenzwerte) der DIN EN 60204-1 überschreiten sollten, wird

empfohlen, eine Vereinbarung zwischen Betreiber und Lieferfirma, z. B. im Pflichtenheft festzulegen.

4.3.2.1 Elektromagnetische Verträglichkeit

Die Ausrüstung darf keine elektromagnetischen Störungen oberhalb des für die vorgesehene betriebliche Umgebung zulässigen Niveaus erzeugen. Zusätzlich muss die Ausrüstung eine ausreichende Störfestigkeit gegen elektromagnetische Störungen von außen haben, so dass sie in ihrer vorgesehenen Umgebung einwandfrei arbeitet.

Die Fachgrundnormen für den Industriebereich legen für die Störaussendung in DIN EN 61000-6-4 [25] und für die Störfestigkeit in DIN EN 61000-6-2 [26] allgemeine Grenzwerte fest.

4.3.2.2 Umgebungstemperatur und Feuchte der Luft

Es muss ein einwandfreies Arbeiten des hydraulischen Prüfstands inklusive Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktionen im Umgebungstemperaturbereich von +5 °C bis +40 °C gegeben sein. Hierbei muss die Funktionsfähigkeit des Prüfstands und der Sicherheitsfunktionen auch bei einer relativen Luftfeuchte von 50 % bei einer maximalen Temperatur von +40 °C gegeben sein. Eine höhere Luftfeuchte ist bei niedrigeren Temperaturen zulässig. Sollten die Umgebungsbedingungen von diesen in der DIN EN 60204-1 angegebenen Werten abweichen, sind die betroffenen Bauteile entsprechend den erhöhten Anforderungen auszuwählen.

Durch eine gelegentliche Betauung dürfen keine schädlichen Auswirkungen auftreten, die die Sicherheit und Funktion beeinträchtigen.

4.3.2.3 Verschmutzungen

Es muss ein ausreichender Schutz gegen das Eindringen von Flüssigkeiten und Feststoffen vorhanden sein. Im Allgemeinen ist eine Schutzart IP 54 nach DIN EN 60529 (VDE 0470-1) [28] für die elektrischen Einbauten erforderlich. Wo Druckflüssigkeit in Kontakt mit elektrischen Betriebsmitteln (z. B. Leitungen) treten kann, sind Maßnahmen zu treffen, wie z. B. geschützte Verlegung oder Einsatz ölbeständiger Leitungen, Leitungsführungen und Abdichtungen.

4.3.2.4 Ionisierende und nichtionisierende Strahlung

Wenn die Ausrüstung einer Strahlung ausgesetzt ist, z. B. im Rahmen von Prüfaufgaben, müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, um eine Fehlfunktion der Ausrüstung und eine be-

schleunigte Zerstörung der Isolation zu vermeiden. Eine besondere Vereinbarung zwischen Lieferfirma und Betreiber wird empfohlen.

4.3.2.5 Vibration, Schock und Stoß

Unerwünschte Einwirkungen durch Vibration, Schock und Stoß einschließlich der Wirkungen, die durch die Prüfstände selbst hervorgerufen werden, müssen durch die Auswahl der Bauteile, durch getrennte Anordnung oder durch Verwendung von schwingungsdämpfenden Befestigungen vermieden werden.

4.4 Schutzmaßnahmen beim Betrieb

Prüfstände dürfen nur bestimmungsgemäß und im Rahmen der von den Herstellern genannten Einsatzgrenzen verwendet werden. Das einzige Druckmedium des hydraulischen Prüfstands ist eine Druckflüssigkeit.

Beim Betrieb von hydraulischen Prüfständen sind das Arbeitsschutzgesetz und die Betriebssicherheitsverordnung zu beachten.

Grundsätzlich muss der Arbeitgeber alle Sicherheitsanweisungen aus der Betriebsanleitung beachten und umsetzen. Dies gilt auch für bauseitig zu erstellende Schutzeinrichtungen oder festgelegte organisatorische Maßnahmen.

Für die Arbeiten an allen (auch älteren) Prüfständen sind Gefährdungen zu ermitteln, Risiken zu beurteilen und Schutzmaßnahmen durch den Arbeitgeber oder den die jeweiligen Verantwortlichen festzulegen; dies muss in schriftlicher Form erfolgen.

Auf Basis der vorgenannten Gefährdungsermittlung ist eine schriftliche Betriebsanweisung zu erstellen (blau umrandet). Die Qualifikation und/oder ein Schulungskonzept für die Bedienpersonen sind festzulegen. Die Bedienpersonen des Prüfstands sind regelmäßig hinsichtlich des sicheren Umgangs mit dem Prüfstand zu unterweisen. Um das Bewusstsein für mögliche Gefahren zu schärfen, empfiehlt es sich, z. B. Unfallberichte und Informationen – auch über Beinaheunfälle – aktuell und regelmäßig zu kommunizieren.

Zu den Schutzmaßnahmen seitens der Betreiber zählen nach BetrSichV sowohl „Prüfungen vor Inbetriebnahme“ als auch „wiederkehrende Prüfungen“.

Die Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen einschließlich Unterweisung ist laut §§ 3 und 6 ArbSchG zu kontrollieren. Dies kann durch stichprobenartige Kontrollen durch die jeweiligen Verantwortlichen erfolgen.

Der Aufbau und der erste Probetrieb eines Prüfstands erfolgt meist durch Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen (wie Monteure und Monteuren, Abnahme-Ingenieure und –Ingenieurinnen, Kundendienst) des Prüfstandherstellers. Deren zuständige Vorgesetzte sind für den Schutz der eigenen Beschäftigten verantwortlich.

Beim Betrieb von Prüfständen sind die genauen Vorgaben des Herstellers in der Betriebsanleitung zu beachten. Darüber hinaus werden folgende Schutzmaßnahmen empfohlen:

Die Prüfgegenstände sind vor Beginn der Prüfungen mit geeigneten Befestigungselementen auf dem Prüfmaschinentisch oder Ähnliches im Prüfstand oder im Prüfraum sicher aufzuspannen.

Die Schlauchleitungen im Arbeitsraum des Prüfstands (Prüfbereich) sind regelmäßig bei jedem neuen Einbau (wechselnder Prüfaufbau) durch die Bedienperson zu prüfen (Sichtprüfung). Die übrigen Schlauchleitungen (z. B. am Aggregat) sind mindestens jährlich durch Instandhaltungspersonal zu prüfen (siehe DGUV Regel 113-020). Schadhafte Schlauchleitungen sind sofort, sonst nach festgelegtem Austauschintervall auszutauschen.

Prüfkriterien für Schlauchleitungen finden sich in der Tabelle 4 der „Fachbereich AKTUELL“ FBHM-015 [29] bzw. der DGUV Regel 113-020; Diese Tabelle 4 sollte den Beschäftigten laminiert ausgehändigt oder am Prüfstand angebracht werden. Die Bedienpersonen sind für die Durchführung der Prüfung der Schlauchleitungen im unmittelbaren Prüfbereich bei jedem neuen Einbau nach TRBS 1203 [30] bzw. nach BetrSichV als „zur Prüfung befähigte Person“ zu bestellen. Auch das Instandhaltungspersonal, das mit der Prüfung aller übrigen Schlauchleitungen beauftragt wird, ist als „befähigte Person“ zu bestellen.

Schnelltrennkupplungen unterliegen ebenfalls einem Verschleiß und sind daher regelmäßig zu prüfen. Verschlossene oder schadhafte Schnelltrennkupplungen sind umgehend zu ersetzen.

Häufig werden zur Prüfung von Komponenten unterschiedliche Gewindeformen benötigt. Aufgrund der geometrischen Ähnlichkeit kann es zu Verwechslungen kommen, was zu Gefährdungen führen kann, siehe „Fachbereich AKTUELL“ FBHM-025 „Hydraulikverschraubungen“ [31].

Sofern im Hydraulikkreis Druckspeicher eingesetzt werden, sind sie entsprechend den Vorgaben zu prüfen; Hinweise dazu enthält auch die „Fachbereich AKTUELL“ FBHM-046 „Hydrospeicher“ [32].

Für die Bedienpersonen des hydraulischen Prüfstandes ist eine entsprechende persönliche Schutzausrüstung einschließlich eines Gehörschutzes und eines geeigneten Hautschutzes bereitzustellen (siehe DGUV Information 209-070 – Sicherheit bei der Hydraulik-Instandhaltung (bisher: BGI/GUV-I 5100) [33], Abschnitt 2). Falls die im konkreten Anwendungsfall eingesetzte Druckflüssigkeit gemäß dem Sicherheitsdatenblatt als Gefahrstoff klassifiziert sein sollte, ist eine Betriebsanweisung Gefahrstoffe für die Druckflüssigkeit zu erstellen. Ein Muster enthält die DGUV Information 209-070 in Abschnitt 2.

Rutschgefahren vor den Prüfständen sind durch geeignete Bodenbeläge oder Trittroste zu minimieren. Diese können auch einem Verschleiß unterliegen und sind dann nach Bedarf zu erneuern.

Verschüttete oder ausgetretene Druckflüssigkeit ist wegen der Rutschgefahr mit geeigneten Mitteln aufzunehmen und zu entfernen, siehe auch DGUV Information 209-070, Abschnitt 2.2.

Werden bewegliche trennende Schutzeinrichtungen eingesetzt, gegebenenfalls zur Nachrüstung an älteren Prüfständen, sind sie mit den relevanten sicherheitsbezogenen Teilen der Steuerung z. B. für Druck und Bewegungen zu verriegeln.

Die Sichtscheiben der trennenden Schutzeinrichtungen an Prüfständen unterliegen einer Alterung und sind bei Beschädigung und nach Herstellerangaben in regelmäßigen Abständen zu ersetzen.

Die Suche nach Leckagestellen an unter Druck stehenden Zylindern/Leitungen/Bauteilen darf visuell nur bei geschlossener trennender Schutzeinrichtung erfolgen. Sofern diese Suche nur bei geöffneter Schutzeinrichtung erfolgen kann, sind die Hinweise der Abschnitte 2.3 und 3 der oben genannten DGUV Information 209-070 zu beachten.

Muss die Hydraulikenergie beim Einrichtbetrieb oder aus anderen Gründen aufrechterhalten bleiben, sind die Vorgaben des Prüfstandherstellers zu beachten.

Insbesondere bei der Durchführung von Druckversuchen ist zwingend auf eine vollständige Entlüftung der Prüfstrecke zu achten, da komprimierte Luft eine wesentlich höhere gespeicherte Energie als vergleichsweise inkompressible Druckflüssigkeit aufweist. Das Entlüften sollte unbedingt gemäß den Angaben des Prüfstandherstellers in der Betriebsanleitung erfolgen.

Es gibt keine wissenschaftlichen Erkenntnisse über eine Untergrenze des Betriebs- oder Prüfdruckes, unterhalb derer eine Gefährdung durch austretende Druckflüssigkeit ausgeschlossen werden kann.

Bei Prüfaufgaben mit sehr hohen Drücken sind Druckflüssigkeiten nicht mehr als inkompressibel zu betrachten. Die Kompressibilität beträgt für ein Standard-Öl ca. 0,7 % / 100 bar. Bei Berstdruckversuchen mit Ölen sind Drücke von 800 bar (rund 5,6 % Volumenänderung nur durch das Öl!) und mehr keine Seltenheit. Dieser hohe Druck in Kombination mit einem großen Volumen des Prüflings (z. B. große Bauteildurchmesser) ergibt eine hohe Gefahr. Wasser hat eine geringere Kompressibilität als Öl.

Die elektrische Spannungsversorgung von Prüfobjekten (z. B. Steuerspannung von Ventilen) und Messeinrichtungen (Sensoren) ist als Sicherheitskleinspannung (PELV) oder als von der Netzspannung galvanisch getrennt zur Verfügung zu stellen.

Die Überprüfung der elektrischen Ausrüstung des hydraulischen Prüfstands muss nach DGUV Vorschrift 3 [34] erfolgen.

5 Weitere Aspekte

Der Hersteller eines Prüfstands hat bei der Konstruktion weitere Aspekte zu betrachten, die sich je nach Prüfaufgabe des Betreibers ergeben.

5.1 Einsatz von Handpumpen

Ein hydraulischer Prüfstand, dessen hydraulische Energie zwecks Druckaufbau oder Bewegung von Achsen ausschließlich durch eine Handpumpe erzeugt wird, fällt als Produkt in den Geltungsbereich des Produktsicherheitsgesetzes bzw. bei der Benutzung als Arbeitsmittel in den Anwendungsbereich der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV). Nach § 5 Absatz 1 der BetrSichV müssen alle Arbeitsmittel bei Verwendung sicher sein. Nach § 5 Absatz 3 der BetrSichV sind hierbei unter anderem alle zutreffenden EU-Gemeinschaftsrichtlinien anzuwenden.

Es ist in diesem Zusammenhang zunächst zu prüfen, ob der Prüfstand oder seine Teile in den Anwendungsbereich der DGRL fallen. Neben der Pflicht zur Betriebsanleitung gilt hier für die meisten in dieser „Fachbereich AKTUELL“ behandelten Hydraulik-Prüfstände bzw. deren Baugruppen die Anwendung „guter Ingenieurpraxis“ nach Artikel 4 Absatz 3 der DGRL, aber keine CE-Kennzeichnung nach DGRL. Für die im hydraulischen Prüfstand eventuell eingebauten Hydrospeicher oder Druckübersetzer ist die DGRL gegebenenfalls voll anzuwenden.

Werden mit dem gespeicherten Druck z. B. ein Hebevorgang von Bauteilen oder Lasten oder anderweitige Bewegungen ausgelöst, fällt der Prüfstand in den Anwendungsbereich der MRL. Die MRL greift auch, wenn im System gespeicherte Druckenergie bewegliche Teile oder Achsen antreiben kann. In diesem Fall sind eine EG-Konformitätserklärung sowie die CE-Kennzeichnung erforderlich. Hierbei sind die Ausnahmen der DGRL in Bezug auf Maschinen zu beachten (DGRL Artikel 1 Absatz 2 Buchstabe f, j). Wird dagegen nur Druck aufgebaut und gespeichert, aber keine Bewegung erzeugt, handelt es sich nicht um eine Maschine nach MRL.

Auch Arbeitsmittel, für die keine konkreten sicherheitstechnischen Anforderungen aus EU-Gemeinschaftsrichtlinien bestehen oder, z. B. wegen des Baujahrs, bestanden, müssen zumindest die sicherheitstechnischen Anforderungen nach §§ 6, 8 und 9 der BetrSichV erfüllen, um das Arbeitsmittel entsprechend dem Stand der Technik sicher betreiben zu können. Vor der Verwendung hat der Arbeitgeber eine Gefährdungsbeurteilung entsprechend § 3 BetrSichV durchzuführen sowie die Schutzmaßnahmen festzulegen.

Die in dieser Informationsschrift genannten Schutzmaßnahmen helfen, die sicherheitstechnischen Anforderungen an hydraulische Prüfstände als Maschinen nach MRL sowie als Arbeitsmittel nach BetrSichV sicher umzusetzen.

5.2 Temporäre Laborprüfeinrichtungen

Von der Maschinenrichtlinie ausgenommen sind „Maschinen, die speziell für Forschungszwecke konstruiert und gebaut wurden und zur vorübergehenden Verwendung in Laboratorien bestimmt sind“ [siehe MRL Artikel 1 Abs. 2 Buchstabe h)].

Hierzu enthält § 60 des „Leitfadens zur Anwendung der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG“ [35] der Europäischen Kommission, Generaldirektion

Unternehmen und Industrie“ vom Juni 2010 folgende Erläuterung:

Der Ausschluss gemäß Artikel 1 Absatz 2 Buchstabe h wurde aufgenommen, da es nicht als zweckmäßig erachtet wurde, Laborausrüstungen, die eigens für die Erfordernisse bestimmter Forschungsvorhaben konstruiert und gebaut werden, den Anforderungen der Maschinenrichtlinie zu unterwerfen. Der Ausschluss gilt daher nicht für Maschinen, die ständig in Labors installiert sind und für allgemeine Forschungszwecke verwendet werden können, oder für Maschinen, die in Labors für andere Zwecke als für Forschungsaufgaben installiert wurden, beispielsweise für Prüfzwecke. Dieser Ausschluss gilt nur für Einrichtungen, die für vorübergehende Forschungszwecke konstruiert und gebaut wurden, also für Einrichtungen, die nach Abschluss der Forschungsarbeiten, für die sie konstruiert und gebaut wurden, nicht mehr weiterverwendet werden.“

Für den Betrieb auch der oben genannten von der MRL ausgenommenen Maschinen (MRL Artikel 1 Absatz 2, Buchstabe h) sind dennoch die Vorgaben der Betriebssicherheitsverordnung einzuhalten. Nach § 5 Absatz 3 Satz 3 der BetrSichV müssen diese Prüfstände als Arbeitsmittel ebenfalls den grundlegenden Sicherheitsanforderungen der relevanten EU-Richtlinien entsprechen. Auch für diesen Fall bietet die vorliegende Informationsschrift Hilfestellung.

5.3 Beheizte Druckflüssigkeiten

Für den Bau von Prüfständen mit beheizten Druckflüssigkeiten oder Prüfkammern müssen Hersteller Folgendes beachten:

- Temperaturüberwachung und sicherheitsgerichtete Reaktion (z. B. Abschaltung bei Temperaturüberschreitung) müssen dem Risiko (Performance-Level) entsprechen.
- Alle Komponenten (z. B. Schlauchleitungen, Dichtungen) müssen entsprechend den verwendeten Druckflüssigkeiten (heiße Prüflöle) und den zu erwartenden Temperaturen ausgewählt sein.
- Wenn die Grenzwerte für heiße Oberflächen nach DIN EN ISO 13732-1 [36] überschritten werden, müssen Maßnahmen, wie Abschirmung, Warnhinweise, getroffen werden.
- Schlauchleitungen, die heiße Druckflüssigkeit transportieren, müssen so verdeckt verlegt werden, dass im Fall eines Austritts von Druckflüssigkeit niemand gefährdet werden kann.

Sofern durch Leckage oder bei Druck- und Berstprüfungen und wegen des Berstens von Kompo-

ponenten mit dem Austritt von Ölen oder dem Freisetzen vom Önebeln (Dämpfe oder feinverteilten Aerosole) zu rechnen ist, sind gegebenenfalls weitere Schutzmaßnahmen erforderlich (siehe Abschnitt 5.4 dieser Information).

Besteht aufgrund der heißen Komponenten des Prüfstands sowie der beheizten Druckflüssigkeit bei Arbeiten im Prüfstand (z. B. beim Einbau von Prüflingen oder bei Störungsbeseitigung) die Gefahr von Verbrennungen, sind Schutzmaßnahmen zu treffen. Dazu zählen Betriebsanweisungen und persönliche Schutzausrüstungen. Weitere Informationen enthält die DGUV Information 209-070 – Sicherheit bei der Hydraulik-Instandhaltung (bisher: BGI/GUV-I 5100).

5.4 Brand- und Explosionsschutz

Wegen der Verschiedenartigkeit der Prüfverfahren und der verwendeten Druckflüssigkeiten ist es in dieser Informationsschrift nicht möglich, ausführliche Anforderungen zur Minderung der Risiken durch Feuer und Explosion zu geben. Anleitungen hierzu sind in DIN EN ISO 19353 [37] und in DIN EN 1127-1 [38] zu finden. Die Prüfstandhersteller haben diese Risiken zu berücksichtigen.

Die *Betreiber* von Prüfständen bzw. die Arbeitgeber haben nach Betriebssicherheitsverordnung Abschnitt 2 §§ 3, 4 und 9 alle Gefährdungen zu beurteilen und geeignete Schutzmaßnahmen festzulegen.

Die Verantwortung der Hersteller wie auch der Betreiber, bestimmte Gefährdungen (z. B. Feuer und Explosion) zu erkennen und die daraus resultierenden Risiken zu reduzieren ist ausschlaggebend für weitere Schutzmaßnahmen (z. B. bei der Frage, ob eine zentrale Absauganlage (siehe Bild 12) erforderlich ist, wie diese beschaffen sein muss, um den Risiken zu begegnen, und wie diese ordnungsgemäß funktioniert).

Gefährdungen durch Feuer und Explosion hängen von den tatsächlichen Verwendungsbedingungen des Prüfstands und/oder der Verwendung brennbarer Druckflüssigkeiten ab und sollten losgelöst voneinander betrachtet werden, s. DIN EN ISO 19353.

5.4.1 Brandschutz

Falls das Risiko eines Feuers besteht, gilt folgendes:

- Der Prüfstand, einschließlich der Steuerung, muss so gestaltet sein, dass der Anschluss von Einrichtungen zum Erkennen von Feuer (Brandmelder), von

Feuerlöschsystemen, Druckentlastungskappen usw. entsprechend den Einbauempfehlungen der jeweiligen Hersteller möglich ist.

- Wenn ein Feuer erkannt wird, muss das Absaugsystem in angemessener Weise stillgesetzt werden. Die Zeitverzögerung bis zum Stoppen des Luftstroms erhöht die Löschmittelmenge bei Verwendung eines automatischen Löschsystems.

5.4.2 Explosionsschutz

Die Maschinenrichtlinie stellt im Anhang I Abschnitt 1.5.7 die Anforderungen zum Schutz vor Gesundheitsgefahren durch Explosion:

„Die Maschine muss so konstruiert und gebaut sein, dass jedes Explosionsrisiko vermieden wird, das von der Maschine selbst oder von Gasen, Flüssigkeiten, Stäuben, Dämpfen und anderen von der Maschine freigesetzten oder verwendeten Stoffen ausgeht.“

Hinsichtlich des Explosionsrisikos, das sich aus dem Einsatz der Maschine in einer explosionsgefährdeten Umgebung ergibt, muss die Maschine den hierfür geltenden speziellen Gemeinschaftsrichtlinien entsprechen.“

Es ist daher zu prüfen, ob gegebenenfalls auch die Explosionsschutz-Richtlinie RL 2014/34/EU [39] anzuwenden ist.

Eine explosionsfähige Atmosphäre in der Umgebung von sehr heißen Komponenten (Zündquellen) ist stets zu vermeiden.

Die Arbeitgeber müssen nach Gefahrstoffverordnung [40] (GefStoffV) und Betriebssicherheitsverordnung und unter Berücksichtigung des Sicherheitsdatenblattes der eingesetzten Druckflüssigkeit eine Gefährdungsbeurteilung durchführen, siehe auch BetrSichV Abschnitt 2 § 9 Abs. 4.

Je nach verwendeter Druckflüssigkeit, z. B. Prüfflüssigkeit auf Wasserbasis, kann der Prüfstandhersteller unter Berücksichtigung der Prüfaufgabe oder Betreiber bzw. Arbeitgeber bei der seiner individuellen betrieblichen Gefährdungsbeurteilung unter Umständen zu dem Ergebnis kommen, dass nicht mit Auftreten einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre gerechnet werden muss.

Je nach Prüfverfahren, z. B. Funktionstests oder Einstellarbeiten an Komponenten kann der Prüfstandhersteller unter Berücksichtigung der Prüfaufgabe oder der Betreiber oder Arbeitgeber auch bei Verwendung von Mineralölen bei der individuellen betrieblichen Gefährdungsbeurteilung unter Umständen zu dem Ergebnis

kommen, dass nicht mit Auftreten einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen ist.

Falls aufgrund der Prüfaufgabe, des Prüfverfahrens und der verwendeten Druckflüssigkeit im Prüfstand mit der Bildung von brennbaren feinverteilten Aerosolen zu rechnen ist, muss der Betreiber bzw. Arbeitgeber nach GefStoffV ein Explosionsschutzdokument erstellen und die Zoneneinteilung definieren.

Bei seltenem und kurzfristigem Auftreten einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre ist Zone 2 zu wählen. Dann sind im Innern des Prüfraums Geräte der Kategorie 3 nach RL 2014/34/EU zu verwenden.

Bei gelegentlichem Auftreten einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre ist die Zone 1 zu wählen. Dann sind im Inneren des Prüfraums Geräte der Kategorie 2 nach RL 2014/34/EU zu verwenden.



Bild 12: Absaugung an Prüfständen

Je nach Prüfverfahren, z. B. seltene Prüfaufgaben mit heißem Prüfföl oder seltene Berstversuche mit Druckflüssigkeiten mit hohem Ölanteil, kann der Prüfstandhersteller unter Berücksichtigung der Prüfaufgabe oder der Betreiber oder Arbeitgeber bei der individuellen betrieblichen Gefährdungsbeurteilung u. U. zu dem Ergebnis kommen, dass nicht mit dem Auftreten einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen ist.

Je nach Prüfverfahren, z. B. *häufige* Berstversuche mit *heißen* Druckflüssigkeiten mit *hohem* Ölanteil, kann der Prüfstandhersteller unter Berücksichtigung der Prüfaufgabe oder der Betreiber oder Arbeitgeber bei der individuellen betrieblichen Gefährdungsbeurteilung u. U. zu dem Ergebnis kommen, dass z. B. mit *seltenem oder kurzfristigem* Auftreten einer gefährlichen

explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen ist und der Prüfstand dementsprechend auszuliegen ist. (Diese Variante der Prüfaufgabe eines Prüfstands mag kaum praxisrelevant sein, wird hier jedoch zur Veranschaulichung beispielhaft aufgeführt.)

5.5 Gefahrstoffemission durch Dämpfe oder Aerosole von Druckflüssigkeiten

Wenn Berstdruckprüfungen an Serienprüfständen durchgeführt werden und mit dem häufigeren Auftreten von Sprühnebelbildung im Arbeitsraum des Prüfstands zu rechnen ist, ist der Prüfstand so zu gestalten, dass ein Verspritzen, Versprühen und eine Nebelbildung (d. h. Dämpfe oder feinverteilte Aerosole) außerhalb der trennenden Schutzeinrichtung oder des geschlossenen Prüfstands, verhindert werden (siehe Bild 12).

Beim Betrieb von Hydraulik-Prüfständen tritt je nach eingesetzter Druckflüssigkeit gegebenenfalls eine Geruchsbelästigung auf. Sofern das Sicherheitsdatenblatt der Druckflüssigkeit keine entsprechenden Hinweise enthält, ist diese Geruchsbelästigung nicht mit einer Gesundheitsgefährdung durch Dämpfe oder Aerosole verbunden.

Bei den in der Hydraulik eingesetzten Druckflüssigkeiten handelt es sich meist um komplexe Kohlenwasserstoff-gemische mit Additiven, die durch die betriebsmäßige Erwärmung und beim Freisetzen, z. B. beim beabsichtigten Bersten von Bauteilen, u. U. Dämpfe oder Aerosole bilden können.

Falls die im konkreten Anwendungsfall eingesetzte Druckflüssigkeit gemäß dem Sicherheitsdatenblatt als Gefahrstoff klassifiziert sein sollte und beispielsweise durch das serienweise Bersten vom Bauteilen gefährliche Stoffe (Dämpfe oder Aerosole) in der Luft schweben, hat der Betreiber oder Arbeitgeber nach Betriebssicherheitsverordnung § 3 und § 4 die Gefährdungen zu beurteilen und geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen. Dazu kann es gegebenenfalls erforderlich sein, geeignete technische Absaugungen zu installieren.

Weitere Informationen dazu enthält auch die DGUV Information 213-726 [41] „Tätigkeiten mit sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen (KKG)“. Die in der Hydraulik eingesetzten Druckflüssigkeiten zählen dem-

nach und bei bestimmungsgemäßer Verwendung, z. B. im Hydraulikkreislauf einer Maschine, zur Emissionsgruppe „D“. Es wird empfohlen, bei nicht bestimmungsgemäßer Verwendung der Druckflüssigkeit (d. h. absichtliches Bersten von Bauteilen) präventiv den niedrigsten Beurteilungswert von 10 mg/m³ (Summe aus Dampf und Aerosol) für diese KKG heranzuziehen. Dies entspricht dann einer Emissionsgruppe C.

5.6 Ergonomische Aspekte

Hydraulische Prüfstände müssen wie alle Maschinen in Übereinstimmung mit ergonomischen Prinzipien gestaltet sein, um übermäßige Kraftanstrengung, ungesunde Körperhaltung und ein Ermüden während ihres Gebrauchs zu vermeiden (siehe auch DIN EN 13861 [42]); Folgendes ist besonders zu beachten:

Die zu prüfenden Hydraulikkomponenten, die Werkzeuge und Zubehörteile müssen leicht zu bewegen sein. Hebeeinrichtungen können für Teile mit einem Gewicht von mehr als 10 kg erforderlich sein (siehe DIN EN 1005-1 [43], DIN EN 1005-2 [44] und DIN EN 1005-3 [45]).

Falls Handhabungseinrichtungen, Hebezeuge oder Hebeeinrichtungen erforderlich sind, müssen für deren Einbau und Betrieb Vorkehrungen getroffen sein (z. B. durch Schaffung eines Zugangs zum Arbeitsbereich durch die Oberseite des Prüfstands bei geöffneten trennenden Schutzeinrichtungen).

Wenn Bauteile manuell in den Prüfstand eingebracht werden, müssen Spannmittel oder Aufnahmeeinrichtungen so angebracht sein, dass ein übermäßiges Hineinreichen in den Prüfstand vermieden ist.

Die Befehlseinrichtungen für die Betätigung von Spannzeugen für die zu prüfenden Bauteile müssen so angebracht sein, dass ein übermäßiges Ausstrecken unter der Belastung vermieden ist (z. B. durch die Verwendung von Fußschaltern).

Die Positionierung, Kennzeichnung und Beleuchtung von Befehlseinrichtungen sowie Beobachtungs- und Servicestellen, zum Beispiel für das Füllen oder Entleeren von Behältern, müssen so gewählt sein, dass sie den ergonomischen Prinzipien entsprechen (siehe DIN EN 614-1 [46], DIN EN 614-2 [47], DIN EN 894-1[48], DIN EN 894-2 [49], DIN EN 894-3 [50], DIN EN 1005-1, DIN EN 1005-2, DIN EN 1005-3, DIN EN ISO 13855 [51]). Die Betätigungskräfte für bewegliche

trennende Schutzeinrichtungen dürfen – je nach Häufigkeit der Betätigung – bestimmte Kraftwerte nicht überschreiten (siehe DIN EN 1005-3).

Innerhalb des Arbeitsbereichs ist die Beleuchtung nach DIN EN 1837 [52] vorzusehen; es müssen mindestens 500 Lux vorhanden sein, gemessen an der Vorderkante des zu prüfenden Bauteils bei geöffneter beweglicher Schutzeinrichtung.

Die Kennzeichnung der Druck-, Tank- und Lecköleitungen im hydraulischen Prüfstand muss klar und eindeutig sein.

In der Betriebsanleitung angegebene und nicht ohne weiteres verfügbare Ausrüstungs- und Zubehörteile für das Einstellen und Warten des Prüfstands sind bereitzustellen.

Eingabeeinrichtungen (z. B. Tastaturen, Schaltflächen, Druckknopfschalter) müssen DIN EN 894-1 und DIN EN 894-3 entsprechen.

Am Bildschirm angezeigte Informationen müssen klar und eindeutig sein. Reflexionen und Blendung sind zu minimieren (siehe DIN EN 894-1, DIN EN 894-2).

5.7 Besondere Anforderungen infolge von Gefahren durch 'Lärm'

Die Maschinenrichtlinie stellt im Anhang I Abschnitt 1.5.8 die Anforderungen zum Schutz vor Gesundheitsgefahren durch Lärm:

„Die Maschine muss so konstruiert und gebaut sein, dass Risiken durch Luftschallemission insbesondere an der Quelle so weit gemindert werden, wie es nach dem Stand des technischen Fortschritts und mit den zur Lärminderung verfügbaren Mitteln möglich ist.“

Der Schallemissionspegel kann durch Bezugnahme auf Vergleichsemissionsdaten für ähnliche Maschinen bewertet werden.“

Hinsichtlich der Angaben zur Schallemission in der Betriebsanleitung zur Maschine stellt die Maschinenrichtlinie (im Anhang I Abschnitt 1.7.4.2 Buchstabe u) die Anforderung:

„Jede Betriebsanleitung muss erforderlichenfalls folgende Mindestangaben enthalten:

- u) folgende Angaben zur Luftschallemission der Maschine:*
 - *der A-bewertete Emissionsschalldruckpegel an den Arbeitsplätzen, sofern er 70 dB(A) übersteigt; ist dieser Pegel kleiner oder gleich 70 dB(A), so ist dies anzugeben;*

- *der Höchstwert des momentanen C-bewerteten Emissionsschalldruckpegels an den Arbeitsplätzen, sofern er 63 Pa (130 dB bezogen auf 20 µPa) übersteigt;*
- *der A-bewertete Schalleistungspegel der Maschine, wenn der A-bewertete Emissionsschalldruckpegel an den Arbeitsplätzen 80 dB(A) übersteigt.*

Diese Werte müssen entweder an der betreffenden Maschine tatsächlich gemessen oder durch Messung an einer technisch vergleichbaren, für die geplante Fertigung repräsentativen Maschine ermittelt worden sein.

Bei Maschinen mit sehr großen Abmessungen können statt des A-bewerteten Schalleistungspegels die A-bewerteten Emissionsschalldruckpegel an bestimmten Stellen im Maschinenumfeld angegeben werden.

Kommen keine harmonisierten Normen zur Anwendung, ist zur Ermittlung der Geräuschemission nach der dafür am besten geeigneten Messmethode zu verfahren. Bei jeder Angabe von Schallemissionswerten ist die für diese Werte bestehende Unsicherheit anzugeben. Die Betriebsbedingungen der Maschine während der Messung und die Messmethode sind zu beschreiben.

Wenn der Arbeitsplatz bzw. die Arbeitsplätze nicht festgelegt sind oder sich nicht festlegen lassen, müssen die Messungen des A-bewerteten Schalldruckpegels in einem Abstand von 1 m von der Maschinenoberfläche und 1,60 m über dem Boden oder der Zugangsplattform vorgenommen werden. Der höchste Emissionsschalldruckpegel und der zugehörige Messpunkt sind anzugeben.

Enthalten spezielle Gemeinschaftsrichtlinien andere Bestimmungen zur Messung des Schalldruck- oder Schalleistungspegels, so gelten die Bestimmungen dieser speziellen Richtlinien und nicht die entsprechenden Bestimmungen der vorliegenden Richtlinie.“

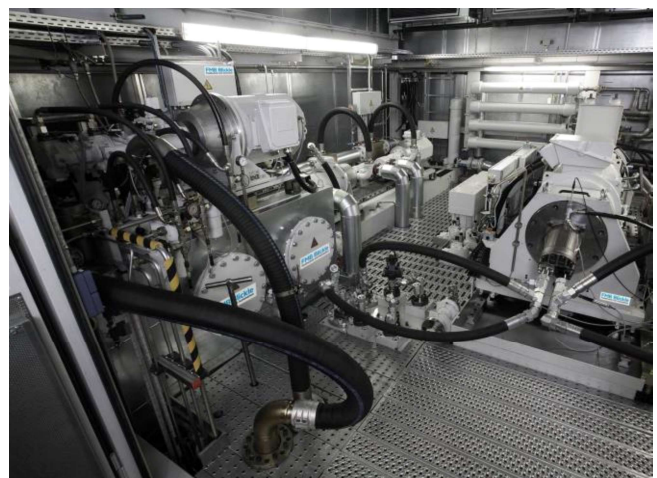


Bild 13: Innenansicht eines geöffneten, allseitig eingehausten und begehbaren Prüfstands für Axialkolbenpumpen

Bei der Gestaltung des hydraulischen Prüfstands können die verfügbaren Informationen und technischen Maßnahmen zur *Beeinflussung des Lärms an seiner Quelle* herangezogen werden (siehe dazu beispielsweise DIN EN ISO 11688-1 [53]). Im Bild 13 wird ein allseitig eingehauster begehbare Prüfstand gezeigt, auf dem lärmintensive Prüfungen von Pumpen durchgeführt werden können.

Die Hauptschallquellen an den hydraulischen Prüfständen sind:

- das Hydraulikaggregat
- die schwellende Druckbelastung bei Dauerversuchen
- der impulsförmige Knall bei Berstversuchen.

Mangels einer speziellen *Fachnorm* für Lärm-messungen an hydraulischen Prüfständen wird empfohlen, sich hinsichtlich der Vorgehensweise an entsprechenden vergleichbaren Fachnormen zu orientieren.

Für Werkzeugmaschinen ist zum Beispiel vorgegeben, die Lärm-messung nach DIN ISO 8525 [54] durchzuführen. Die Bestimmung der Lärm-emission muss dabei nach DIN ISO 230-5 [55] erfolgen.

Die ermittelten Geräuschemissionswerte des hydraulischen Prüfstands sind in der Betriebsanleitung anzugeben.

Die folgenden, die Luftschallemission des Prüfstands betreffenden Informationen müssen zur Verfügung gestellt werden:

- A-bewerteter Emissions-Schalldruckpegel an Arbeitsplätzen, wo dieser 70 dB(A) übersteigt; wo der Pegel von 70 dB(A) nicht überschritten wird, muss dies beschrieben werden;
- Spitzenwert des unmittelbar auftretenden C-bewerteten Schalldruckpegels an Arbeitsplätzen, wo dieser 63 Pa (130 dB(A) im Verhältnis zu 20 µPa) übersteigt;
- Zusätzlich der vom Prüfstand emittierte A-bewertete Schallleistungspegel L_{WAd} , falls der A-bewertete Emissions-Schalldruckpegel L_{pAd} an Arbeitsplätzen 80 dB(A) überschreitet.

Diese Werte müssen entweder die wirklich am Prüfstand gemessenen fraglichen Werte oder Werte sein, die auf der Basis von Messungen an technisch vergleichbaren Prüfständen gewonnen wurden, die repräsentativ für den zu bauenden Prüfstand sind.

Im Falle sehr großer Prüfstände können an Stelle des Schallleistungspegel die Emissions-Schall-

druckpegel an bestimmten Stellen um den Prüfstand herum angegeben werden.

Wo immer Schallemissionswerte angegeben werden, müssen auch die Unsicherheiten dieser Werte angegeben werden. Die Betriebsbedingungen des Prüfstands während der Messung sowie das Messverfahren müssen beschrieben werden.

Es wird empfohlen, Lärm-messungen unter geeigneten Betriebsbedingungen durchzuführen.

Ort und Wert des maximalen Emissions-Schall-druckpegels müssen beschrieben werden.

Dieser Angabe muss eine Aussage über das angewendete Messverfahren und die während der Prüfung gültigen Betriebsbedingungen sowie über die Werte für die Unsicherheit K beigefügt sein, wobei die Zweizahl-Angabe nach DIN EN ISO 4871 [56] zu verwenden ist:

- $K = 4$ dB bei Anwendung von DIN EN ISO 3746 [57] oder DIN EN ISO 11202 [58] (Genauigkeitsklasse 3);
- $K = 2,5$ dB bei Anwendung von DIN EN ISO 3744 [59] oder DIN EN ISO 11204 [60] (Genauigkeitsklasse 2).

BEISPIEL

So ist für einen Schallleistungspegel $L_{WAd} = 83$ dB(A) (als gemessener Wert) die Unsicherheit $K = 4$ dB(A) für Messungen, die in Übereinstimmung mit DIN EN ISO 3746 durchgeführt wurden.

Eine weitere beispielhafte Darstellung einer Lärmangabe am Fallbeispiel einer Werkzeugmaschine kann in DIN ISO 230-5 gefunden werden. Die in dem Beispiel aus der DIN ISO 230-5 genannten Betriebsarten sind nur allgemein und beziehen sich nicht auf die in dieser „Fachbereich AKTUELL“ unter Abschnitt 4.2.2.2 definierten steuerungstechnischen Betriebsarten für hydraulische Prüfstände.

Wenn die Genauigkeit der festgestellten Emissionswerte überprüft werden soll, müssen die Messungen unter der Verwendung des gleichen Messverfahrens oder eines Verfahrens einer höheren Genauigkeitsklasse unter den beschriebenen Betriebsbedingungen durchgeführt werden.

Die Geräuschangaben müssen durch folgende Erklärung ergänzt werden:

„Bei den genannten Zahlenwerten handelt es sich um Emissionspegel und nicht notwendigerweise um sichere Arbeitspegel. Obwohl es einen Zusammenhang zwischen der Lärmemission und

der Lärmbelastung gibt, kann diese nicht zuverlässig zur Feststellung darüber verwendet werden, ob weitere Schutzmaßnahmen erforderlich sind oder nicht. Zu den Faktoren, die die tatsächliche Belastung der Beschäftigten beeinflussen, gehören die Eigenschaften des Arbeitsraumes, die anderen Geräuschquellen usw., das heißt die Anzahl der Maschinen sowie andere in der Nähe ablaufende Prozesse und die Dauer, während der eine Bedienerperson dem Lärm ausgesetzt ist. Außerdem kann der zulässige Belastungspegel von Land zu Land unterschiedlich sein. Diese Informationen sollten Betreibern bzw. Arbeitgebern erlauben, eine bessere Bewertung der Gefährdungen und Risiken vorzunehmen.“

6 Benutzerinformation

Der Prüfstandhersteller hat eine umfassende Benutzerinformation gemäß MRL mitzuliefern. Zu dieser Benutzerinformation zählen die vollständige Kennzeichnung des Prüfstandes (MRL Anhang I Abschnitt 1.7.3) sowie eine Betriebsanleitung nach MRL Anhang I Abschnitt 1.7.4. (inkl. Konformitätserklärung).

In der Betriebsanleitung müssen die bestimmungsgemäße Verwendung des hydraulischen Prüfstands und die Warnhinweise in Bezug auf Fehlanwendungen der Maschine (die Verwendungsausschlüsse) klar genannt sein.

Es muss deutlich gemacht werden, dass ein Umbau eines Prüfstands oder eine andere als die bestimmungsgemäße Verwendung eine wesentliche Veränderung im Sinne des Produktsicherheitsgesetzes darstellen kann, bei der gegebenenfalls zusätzliche Sicherheitsanforderungen zu berücksichtigen und weitere Maßnahmen zu beachten sind. Daher sollte vor Umbauten stets Rücksprache mit dem Prüfstandhersteller genommen werden.

7 Dokumentation der Wartung

Zum sicheren Betrieb von Prüfständen zählen auch die Wartung und deren kontinuierliche Dokumentation (z. B. in einem Wartungsbuch).

Es wird empfohlen, alle Prüfstände in einer betrieblichen Dokumentation zu erfassen, einschließlich der prüf- und auswechselpflichtigen Komponenten. Daraus kann eine betriebliche Festlegung getroffen werden, wer (Bedienerperson oder Instandhaltungspersonal) welche Komponenten in welchem Intervall prüfen und bei Bedarf

austauschen soll. Bei der Festlegung von firmeninternen Vorgaben dürfen relevante betriebliche Erfahrungswerte herangezogen werden.

Bei der Fehlersuche an Prüfständen sind die Sicherheitsinformationen des Prüfstandherstellers zu berücksichtigen. Allgemeine Hinweise zur Fehlersuche an hydraulischen Maschinen finden sich in der DGUV Information 209-070 „Sicher bei der Hydraulik-Instandhaltung“ (bisher: BGI-GUV-I 5100), Abschnitt 3 bzw. Anhang 1 A.

8 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Diese Informationsschrift beruht auf dem durch den Fachbereich Holz und Metall, Sachgebiet Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation zusammengeführten Erfahrungswissen und Erkenntnissen aus Anwendungen auf dem Gebiet der hydraulischen Ausrüstungen von Maschinen und Anlagen.

Die vorliegende „Fachbereich AKTUELL“ wurde vom Expertenkreis der Unfallversicherungsträger im Themenfeld Hydraulik und Pneumatik der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV unter Einbeziehung des Instituts für Arbeitsschutz IFA erarbeitet. Es soll insbesondere der Information von Prüfstandherstellern sowie Betreibern beim Bau und Betrieb von hydraulischen Prüfständen dienen, die zum Anwendungsbereich der europäischen Maschinenrichtlinie zählen und mit Druckflüssigkeit als Betriebsmedium betrieben werden. Es wird ein Überblick über wichtige Sicherheitsaspekte für den Bau und Betrieb dieser hydraulischen Prüfmaschinen gegeben. Aufgrund der Vielfalt möglicher Prüfaufgaben zu Prüfobjekten und der unterschiedlichsten Randbedingungen sind u. U. nicht alle in dieser Informationsschrift genannten Schutzmaßnahmen auf jeden einzelnen Prüfstand voll anzuwenden. Die Verantwortung für eine sichere Konstruktion bleibt beim Prüfstandhersteller.

Auch für die Prüfstände, die vor Inkrafttreten der MRL gebaut wurden, können die Informationen den Betreibern viele Hinweise zur nachträglichen Verbesserung der Sicherheit geben.

Die besonderen Bestimmungen für andere Anwendungsfälle (im Bergbau o. ä.) und für die Verwendung anderer Druckmedien (z. B. Gasdruckprüfungen) sind zu beachten.

Prüfstände für andere Prüfaufgaben – wie für Verbrennungsmotoren, Getriebe oder deren Kom-

ponenten, Baugruppen, Fahrzeuge mit brennbaren Flüssigkeiten oder heißen Verbrennungsmotoren usw. – sind nicht Gegenstand der Betrachtungen dieser Informationsschrift. Für diese Prüfstände sind zahlreiche weitere gesetzliche Bestimmungen zu beachten. Dies würde den Rahmen eines Informationsblattes für die „Hydraulischen Prüfstände“ sprengen.

Die Bestimmungen nach einzelnen Gesetzen und Verordnungen bleiben durch diese Informationsschrift unberührt. Die Anforderungen der gesetzlichen Vorschriften gelten uneingeschränkt.

Um vollständige Informationen zu erhalten, ist es erforderlich, alle in Frage kommenden Vorschriften und aktuellen Normen einzusehen.

Diese „Fachbereich AKTUELL“ ersetzt die gleichnamige Fassung, herausgegeben als Kurzinformation Stand August 2018. Aktualisierungen wurden infolge von redaktionellen Anpassungen erforderlich.

Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich unter anderem zusammen aus Vertreterinnen und Vertretern der Unfallversicherungsträger, staatlicher Stellen, Sozialpartner und Hersteller.

Weitere „Fachbereich AKTUELL“ oder Informationsblätter des Fachbereichs Holz und Metall stehen im Internet zum Download bereit [61].

Zu den Zielen der „Fachbereich AKTUELL“ bzw. DGUV-Information im Format eines Informationsblattes siehe DGUV-Information FBHM-001 „Ziele der DGUV-Information herausgegeben vom Fachbereich Holz und Metall“.

Literatur:

- [1] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen (Maschinen-Richtlinie), Amtsblatt der Europäischen Union, Nr. L 157/24 vom 09.06.2006 mit Berichtigung im Amtsblatt L76/35 vom 16.03.2007.
- [2] Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz – ProdSG) Ausfertigungsdatum: 08.11.2011 (BGBl. I S. 2178, 2179; 2012 I S. 131), geändert durch Art. 435 der Verordnung vom 31.8.2015 I 1474
- [3] Richtlinie 2014/35/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen (Niederspannungs-Richtlinie), Amtsblatt der Europäischen Union, Nr. L 96 / 357 vom 29.03.2014.
- [4] Richtlinie 2014/68/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt (Druckgeräte-Richtlinie), Amtsblatt der Europäischen Union, L 189/164 vom 27.06.2014.
- [5] Richtlinie 2014/30/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit (Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit, EMV-RL), Amtsblatt der Europäischen Union L 96/79 vom 29.03.2014.
- [6] Verordnung zur Neuregelung der Anforderungen an den Arbeitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln und Gefahrstoffen (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 03. Februar 2015, (Bundesgesetzblatt 2015 Teil 1 Nummer 4 vom 06.02.2015), zuletzt durch Artikel 5 Absatz 7 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584).
- [7] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz ArbSchG, Ausfertigungsdatum: 07.08.1996 (BGBl. I S. 1246), zuletzt geändert durch Art. 427 der Verordnung vom 31.8.2015 I 1474.
- [8] DGUV Information 213-062 „Druckprüfungen von Druckbehältern und Rohrleitungen – Flüssigkeitsdruckprüfungen, Gasdruckprüfungen“ (bisher BGI 619), Ausgabe 04/2012, Jedermann-Verlag, Heidelberg
- [9] DIN 51233 Werkstoffprüfmaschinen – Sicherheitstechnische Festlegungen – Allgemeine Festlegungen, Ausgabe 2014-10, Beuth-Verlag, Berlin.
- [10] DIN EN ISO 6802 (Entwurf) Gummi- und Kunststoffschläuche und -schlauchleitungen mit Drahtgeflecht einlage – Hydraulik-Impulsprüfung mit wechselnder Biegung, Ausgabe 2017-06, Beuth-Verlag, Berlin.
- [11] DIN EN ISO 6803 Gummi- oder Kunststoffschläuche und -schlauchleitungen – Hydraulik-Druck-Impulsprüfung ohne Biegung, Ausgabe 2017-07, Beuth-Verlag, Berlin.
- [12] DIN EN ISO 12100 Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsgrundsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung, Ausgabe 2011-03, Beuth-Verlag, Berlin.
- [13] DIN EN ISO 13849-1 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsgrundsätze, Ausgabe 2016-06, Beuth-Verlag, Berlin.
- [14] DIN EN ISO 13849-2 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 2: Validierung, Ausgabe 2013-02, Beuth-Verlag, Berlin.

- [15] DIN EN ISO 4413, Fluidtechnik – Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile; Ausgabe 2011-04, Beuth Verlag, Berlin.
- [16] DIN EN 60204-1 Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Norm-Entwurf Ausgabe 2014-10, Beuth Verlag, Berlin.
- [17] DIN EN ISO 14120 Sicherheit von Maschinen – Trennende Schutzeinrichtungen – Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen, Ausgabe 2016-05, Beuth Verlag, Berlin.
- [18] Fangende Schutzeinrichtungen an spanenden Werkzeugmaschinen; Mewes – Warlich – Trapp; Sonderdruck aus Handbuch Betriebliche Arbeitssicherheit, 30. Ergänzungslieferung Februar 2000, ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co.KG
- [19] Gemeinsames Ministerialblatt G 3191 A vom 09. April 2015, Interpretationspapier zum Thema „Wesentliche Veränderung von Maschinen“; Bek. des BMAS vom 9.4.2015 IIIb5-39607-3 – im GMBI 2015, Nr. 10, S. 183-186
- [20] Informationsblatt FBHM-040 „Schuttscheiben an Werkzeugmaschinen der Metallbearbeitung“, Ausgabe 01/2018, Fachbereich Holz und Metall FBHM, Postfach 3780, 55027 Mainz
- [21] DIN EN ISO 14119 Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl, Ausgabe 2014-03, Beuth-Verlag, Berlin.
- [22] IFA-Report 7/2013 „Sichere Antriebssteuerungen mit Frequenzumrichtern“, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Alte Heerstr. 111, 53757 Sankt Augustin.
- [23] DIN EN ISO 1402 Gummi- und Kunststoffschläuche und Schlauchleitungen – Hydrostatische Prüfung, Ausgabe 2010-04, Beuth Verlag, Berlin.
- [24] DGUV-Regel 113-020 „Hydraulik-Schlauchleitungen und Hydraulik-Flüssigkeiten – Regeln für den sicheren Einsatz“ Ausgabe 10-2017, Fachbereich Rohstoffe und chemische Industrie FB RCI, Heidelberg, Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie.
- [25] DIN EN 61000-6-4 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 6-4, Fachgrundnormen - Störaussendung für Industriebereiche, Ausgabe 2011-09, Beuth-Verlag, Berlin.
- [26] DIN EN 61000-6-2 (Entwurf) Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 6-2: Fachgrundnormen - Störfestigkeit für Industriebereiche; Ausgabe 2016-05, Beuth-Verlag, Berlin.
- [27] DIN EN 61000-6-7 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-7: Fachgrundnormen – Störfestigkeitsanforderungen an Geräte und Einrichtungen, die zur Durchführung von Funktionen in sicherheitsbezogenen Systemen (funktionale Sicherheit) an industriellen Standorten vorgesehen sind, Ausgabe 2015-12, Beuth-Verlag, Berlin.
- [28] DIN EN 60529; VDE 0470-1 Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code), Ausgabe 2014-09, Beuth Verlag, Berlin.
- [29] „Fachbereich AKTUELL“ FBHM-015 „Prüfen und Auswechseln von Hydraulik-Schlauchleitungen“, Ausgabe 03/2018, Fachbereich Holz und Metall, Postfach 3780, 55027 Mainz.
- [30] Technische Regel für Betriebssicherheit TRBS 1203 „Befähigte Personen“, Ausgabe: März 2010, geändert und ergänzt: GMBI 2012 S. 386
- [31] „Fachbereich AKTUELL“ FBHM-025 „Hydraulikverschraubungen- Verwechselungsgefahr zwischen metrischen und zölligen Verschraubungen, Ausgabe 09/2017, Fachbereich Holz und Metall, Postfach 3780, 55027 Mainz
- [32] „Fachbereich AKTUELL“ FBHM-046 „Hydropneumatische Druckspeicher“, Ausgabe 06/2017, Fachbereich Holz und Metall, Postfach 3780, 55027 Mainz
- [33] DGUV 209-070 (bisher: BGI/GUV-I 5100) „Sicherheit bei der Hydraulik-Instandhaltung“, Ausgabe 2014-01, DGUV, Fachbereich Holz und Metall, Postfach 3780, 55027 Mainz
- [34] DGUV Vorschrift 3 (bisher: BGV A3) „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“, Ausgabe 2012-11, Berufsgenossenschaft Holz und Metall
- [35] Leitfaden für die Anwendung der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, 2. Auflage Juni 2010, Gesamtedaktion Ian Fraser, Europäische Kommission, Generaldirektion Unternehmen und Industrie
- [36] DIN EN ISO 13732-1 Ergonomie der thermischen Umgebung – Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen - Teil 1: Heiße Oberflächen, Ausgabe 2008-12, Beuth Verlag, Berlin.
- [37] DIN EN ISO 19353 Sicherheit von Maschinen - Vorbeugender und abwehrender Brandschutz; Ausgabe 2016-07, Beuth Verlag, Berlin.
- [38] DIN EN 1127-1 (Entwurf) Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik; Ausgabe 2017-12, Beuth Verlag, Berlin.
- [39] Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Geräte- und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (Explosionsschutz-Richtlinie, ATEX-RL). Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 96/309 vom 29.03.2014.

- [40] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) Ausfertigungsdatum: 26.11.2010 (BGBl. I S. 1643, 1644), in der Fassung vom 15. November 2016, BGBl. (2016) Teil I, Nr. 54, S. 2549–2555, zuletzt geändert durch Artikel 148 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S 626).
- [41] DGUV Information 213-726 „Tätigkeiten mit sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen (KKG), Ausgabe 2014-12, Fachbereich „Rohstoffe und chemische Industrie“, Heidelberg.
- [42] DIN EN 13861 Sicherheit von Maschinen - Leitfaden für die Anwendung von Ergonomie-Normen bei der Gestaltung von Maschinen, Ausgabe 2012-01; Beuth Verlag, Berlin
- [43] DIN EN 1005-1 Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 1: Begriffe, Ausgabe 2009-04, Beuth Verlag, Berlin.
- [44] DIN EN 1005-2 Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen, Ausgabe 2009-05, Beuth Verlag, Berlin.
- [45] DIN EN 1005-3 Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung, Ausgabe 2009-01, Beuth Verlag, Berlin.
- [46] DIN EN 614-1 Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze - Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze, Ausgabe 2009-06, Beuth Verlag, Berlin.
- [47] DIN EN 614-2 Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze Teil 2: Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben, Ausgabe 2008-12, Beuth Verlag, Berlin.
- [48] DIN EN 894-1 Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 1: Allgemeine Leitsätze für Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen, Ausgabe 2009-01, Beuth Verlag, Berlin.
- [49] DIN EN 894-2 Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 2: Anzeigen, Ausgabe 2009-02, Beuth Verlag, Berlin.
- [50] DIN EN 894-3 Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 3: Stellteile, Ausgabe 2010-01, Beuth Verlag, Berlin.
- [51] DIN EN ISO 13855 Sicherheit von Maschinen - Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen, Ausgabe 2010-10, Beuth Verlag, Berlin
- [52] DIN EN 1837 Sicherheit von Maschinen - Maschinenintegrierte Beleuchtung, Ausgabe 2009-12, Beuth Verlag, Berlin.
- [53] DIN EN ISO 11688-1 Akustik - Richtlinien für die Konstruktion lärmarmen Maschinen und Geräte - Teil 1: Planung, Ausgabe 2009-11, Beuth Verlag, Berlin.
- [54] DIN ISO 8525 Luftschallemissionen von Werkzeugmaschinen – Betriebsbedingungen für spanende Maschinen, Ausgabe 2013-01, Beuth Verlag, Berlin.
- [55] DIN ISO 230-5 Prüfregeln für Werkzeugmaschinen - Teil 5: Bestimmung der Geräuschemission, Ausgabe 2006-03, Beuth Verlag, Berlin
- [56] DIN EN ISO 4871 Akustik - Angabe und Nachprüfung von Geräuschemissionswerten von Maschinen und Geräten, Ausgabe 2009-11, Beuth Verlag, Berlin.
- [57] DIN EN ISO 3746 Akustik - Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen - Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene, Ausgabe 2011-03, Beuth Verlag, Berlin.
- [58] DIN EN ISO 11202 Akustik – Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten - Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten unter Anwendung angenäherter Umgebungskorrekturen, Ausgabe 2010-10, Beuth Verlag, Berlin.
- [59] DIN EN ISO 3744 Akustik Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen, Ausgabe 2011-02, Beuth Verlag, Berlin.
- [60] DIN EN ISO 11204 Akustik – Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten – Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten unter Anwendung exakter Umgebungskorrekturen, Ausgabe 2010-10, Beuth Verlag, Berlin.
- [61] Internet: www.dguv.de/fb-holzundmetall Publikationen oder www.bghm.de Webcode: <626>

Bildnachweis:

Die in dieser „Fachbereich AKTUELL“ des FBHM gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

- Bild 1, 3, 4: Institut für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV 53754 Sankt Augustin
- Bild 2, 12: HANSA-FLEX AG
Zum Panrepel 44
28307 Bremen
- Bild 5, 11: FB HM, SG MRF, Stollewerk
- Bild 6, 13: FMB Blickle GmbH
Peter-Henlein-Straße 19
78056 Villingen-Schwenningen
- Bild 7: IHA Internationale Hydraulik Akademie GmbH
Am Promigberg 26
01108 Dresden-Weixdorf
- Bild 8, 9: INSTRON GmbH
Landwehrstraße 65
64293 Darmstadt
- Bild 10: Gebr. HELD HYDRAULIK GmbH
Weilatten 8
78532 Tuttlingen
-

Tabellennachweis

- Tabelle 1:** Bauarten von Prüfständen
- Tabelle 2:** Besondere Gefährdungen an Hydraulik-Prüfständen
- Tabelle 3:** Empfohlene Mindestdicke von Polycarbonat-Sichtscheiben für hydraulische Prüfstände.
- Tabelle 4:** Sicherheitsfunktionen an Druckprüfständen der Bauart 1E (Druckprüfstände in der Bauteil-Entwicklung) sowie Bauart 1S (Druckprüfstände in der Serienproduktion)
- Tabelle 5:** Sicherheitsfunktionen an Bewegungsprüfständen der Bauart 2E (Bewegungsprüfstände in der Entwicklung) und der Bauart 2S (Bewegungsprüfstände in der Serienproduktion)
-

Herausgeber

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-6132
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet „Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation“
im Fachbereich „Holz und Metall“
der DGUV > www.dguv.de Webcode: d544779

An der Erarbeitung dieser „Fachbereich AKTUELL“ FBHM-086 haben mitgewirkt:

- Referat 5.3 Schutz- und Steuereinrichtungen des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)