

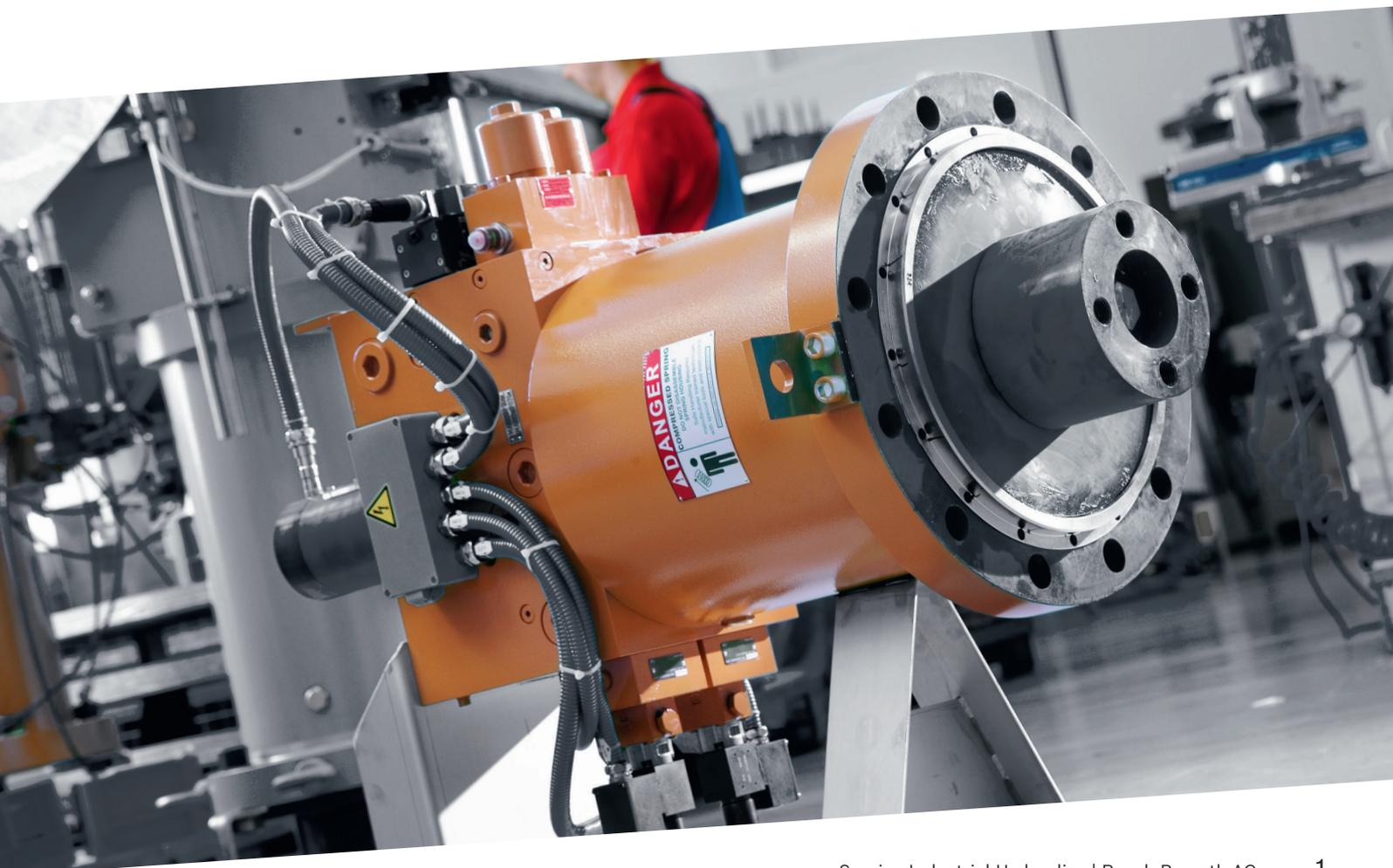
# Hydraulische Stellantriebe für Gas- und Dampfventile

## MIT GEPLANTER WARTUNG AUSFÄLLE UND HOHE KOSTEN VERMEIDEN

Acht von zehn Kraftwerkbetreibern wissen nicht, was sie riskieren, wenn sie dem Dichtungsverschleiß in hydraulischen Stellantrieben freien Lauf lassen. In diesem Praxisleitfaden erfahren Sie, wie Sie Schäden und Produktionsausfällen mit vorausschauender Planung kosteneffizient vorbeugen.

Damit Gas- und Dampfturbinen zur Stromerzeugung die richtige Leistung und Drehzahl liefern, muss die Medienzufuhr exakt geregelt werden. Hydraulische Stellantriebe sorgen für die exakte Regelung der Ventile. Im Störfall üben Sie außerdem eine wichtige Sicherheitsfunktion aus, indem sie die Zufuhr mechanisch unterbrechen und das

Medium umleiten. Um all dies dauerhaft zu gewährleisten, ist es unerlässlich, die hydraulischen Stellantriebe für Gas- und Dampfturbinen regelmäßig gemäß der jeweiligen gesetzlichen Vorschriften und Herstellerempfehlungen überprüfen und warten zu lassen. Der Grund: Jeder hydraulische Stellantrieb – sei er auch noch so hochwertig – weist betriebsbedingt einen Verschleiß auf, der bei den Dichtungen beginnt und sich bei fehlender Wartung auf weitere Komponenten ausdehnen kann. Wer diese Tatsache missachtet und bis zum offensichtlichen Ausfall wartet, riskiert hohe Reparaturkosten und lange Wartezeiten bis zur uneingeschränkten Wiederaufnahme der Produktion.



## DROHENDER VERLUST DER SIL-FÄHIGKEIT

Werden Vorgaben aus der Betriebsanleitung und dem Sicherheitshandbuch, beispielsweise Wartungsvorgaben und Proof-Test-Intervalle nicht eingehalten, oder werden die Stellantriebe nicht bestimmungsgemäß eingesetzt, so verliert der Antrieb unter Umständen seine SIL-Konformität und damit die Eignung für sicherheitstechnische Anwendungen. Nicht bestimmungsgemäße Einsätze sind etwa das Verwenden von verunreinigtem bzw. kontaminiertem Hydrauliköl. Dies kann zu Ausfällen der Magnet- und Cartridge-Ventile sowie zu erhöhtem Verschleiß an der Kolbenstangendichtung und der Kolbenstange führen. Darüber hinaus kann eine ungeeignete Platzierung im austretenden Heißdampf Schäden durch Überhitzung hervorrufen (vgl. 1.3), was eine starke Korrosion an sicherheitsrelevanten Komponenten wie Magnet- und Cartridge-Ventilen, Kolbenstange und Federpaket nach sich ziehen kann. Last but not least gefährdet eine unzureichende Regelung bzw. Steuerung die SIL-Fähigkeit. Denn unzulässige Schwingungen können in kürzester Zeit erheblichen Verschleiß bewirken.

### 1. Schadensursachen:

#### 1.1. Dauerhafter Dichtungsverschleiß

Werden insbesondere die Kolben- und Stangendichtungen des Stellantriebs nicht turnusgemäß ausgetauscht, spätestens nach sechs Jahren, führt der Verschleiß zu funktionellen Beeinträchtigungen. Zunächst treten Leckagen auf, später Schäden an Kolben und Kolbengehäuse. Gegebenenfalls kommt es direkt zum Ausfall. Der Verschleiß liegt einerseits unabhängig von der Produktqualität am Alterungsprozess des Dichtungsmaterials, das sukzessive

spröde und porös wird, so dass die Dichtwirkung abnimmt. Andererseits spielt die Häufigkeit der Bewegungsänderung in Kombination mit der Hublänge eine Rolle. Die Hübe sind deshalb vom Regelsystem so zu gestalten, dass ein ausreichender Schmierfilm und somit ein verschleißarmer Betrieb für die Dichtungen gewährleistet sind. Ein dauerhafter Betrieb im Kurzhubbereich führt hingegen zu erhöhtem Dichtungsverschleiß und Beschädigungen der Gegenauflä-chen. Speziell bei kurzen Hüben in hoher Frequenz kann sich das im Wartungsplan empfohlene Wechselintervall für Dichtungen deutlich verkürzen. Eine regelmäßige Kontrolle ist unbedingt erforderlich.

Bei Stellantrieben, die über einen längeren Zeitraum nur kurze Hübe ausführen oder in einer Position verharren – je nach Anwendung mitunter mehrere Wochen oder Monate – verbleiben herausgelöste Dichtungspartikel größtenteils in der Kammer, da das Öl darin kaum ausgetauscht wird. So verschmutzt das Innere des Zylinders zunehmend und die Dichtringe nutzen sich noch schneller ab.

#### 1.2. Falsche Wartung oder Montage

Abgesehen vom Verschleiß können auch Wartungs- oder Montagefehler ursächlich für dauerhafte Schäden an Stellantrieben sein. Eine häufige Fehlerquelle bildet die Ausrichtung zum Dampf- oder Gasventil. Werden Ventil- und Kolbenstange nicht fluchtend montiert, treten seitwärts-wirkende Kräfte an der Kupplung auf, welche die Führungsbänder belasten. In der Folge nutzen sich diese sowie die Dichtungen übermäßig stark ab. Eine weitere Schadensursache aufgrund fehlerhaften Handlings besteht im Befüllen des Hydrauliksystems mit einem falschen Fluid. Dies kann eine chemische Reaktion zwischen Dichtung und Fluid auslösen, die wiederum den Verschleißprozess beschleunigt.

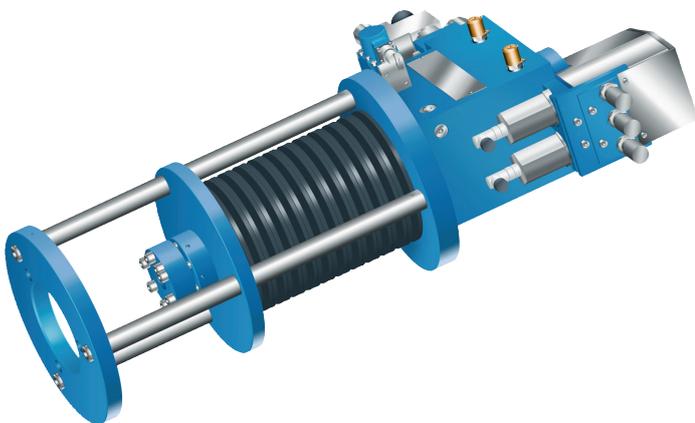


◀ **Von außen nicht zu erkennen:  
Der natürliche Alterungs-  
prozess lässt die Dichtungen im  
Innern spröde und porös wer-  
den. Ein dauerhafter Betrieb im  
Kurzhubbereich schränkt die  
Dichtwirkung zusätzlich ein.**

### 1.3. Besondere Risiken bei Dampfventilen

Kraftwerkbetreiber, die mittels Dampf Strom erzeugen, sollten zudem auf die Dichtheit der Dampfventile in Richtung Zylinder achten. Strömt das bis über 500°C heiße Medium lange genug die Außenbeschichtung des Stellantriebs an, kann der Lack „abbrennen“, so dass die Oberfläche an dieser Stelle korrodiert. Abgesehen von diesem offensichtlichen Schaden, kann aber auch das Federpaket im Inneren des Zylinders Schaden nehmen, welches das Ventil im Störfall rein mechanisch mit bis über 400 KN Kraft in die Sicherungsstellung bringt. An der Schnittstelle zur Armatur – der Kupplung – darf die Umgebungstemperatur nicht mehr als 200°C betragen. Infolge stärkerer Hitzeeinwirkung kann der aus einer Wachsschicht bestehende Korrosionsschutz des Tellerfedersystems beschädigt werden. Kommt es zum Bruch von verrosteten Federn, verliert der Stellantrieb seine Sicherheitsfunktion. In diesem Fall erfordert das Bauteil eine umgehende Überholung in einem vom Hersteller zertifizierten Service Center.

Unkontrollierter Dampfaustritt kann den Stellantrieb darüber hinaus durch Überhitzung des Hydraulikmediums beschädigen. Denn die Fluidtemperatur darf im Kreislauf maximal 70°C betragen. Kann das System den Hitzeeintrag nicht ausgleichen, „verbrennt“ das Hydrauliköl. Das bedeutet, es wird zäh und klebrig. Der Dichtungsverschleiß nimmt zu, Ventile und andere Einzelkomponenten verlieren ihre Beweglichkeit und Funktion.



▲ **Sicherheitsrelevantes Bauteil:**  
**Das Federpaket im Inneren des Zylinders bringt das Ventil im Störfall rein mechanisch in die Sicherungsstellung. Kommt es korrosionsbedingt zum Bruch, verliert der Stellantrieb seine Sicherheitsfunktion.**

## 2. Folgen mangelnder Wartung

### 2.1. Verminderte Regelgüte

Noch bevor die Dichtungen ihre angestammte Funktion durch fortwährenden Verschleiß verlieren, führt zunehmende interne oder externe Leckage zu Energieverlusten. Der begleitende Temperaturanstieg fördert wiederum den Verschleiß in anderen Bereichen des Hydrauliksystems. Eine weitere Folge der erhöhten Leckage besteht in einer verminderten Regelgüte. Unter Umständen ist das System somit nicht mehr in der Lage, die geforderte Leistung der Turbine ausreichend genau einzustellen.

### 2.2. Mechanische Schäden (Worst Case)

Ist die Beschädigung des Dichtsystems so weit fortgeschritten, dass es zum mechanischen Kontakt zwischen Kolbenstange und Zylindergehäuse kommt, nehmen die Hauptkomponenten dauerhaft Schaden. Aufgrund der nun auftretenden Leckage kann der Stellantrieb seine Regelungsfunktion nicht mehr ordnungsgemäß wahrnehmen. Dies ist bei intaktem Tellerfedersystem zwar nicht sicherheitsrelevant, doch der Schaden ist nun erheblich größer. Denn im Vergleich zu einem vorbeugenden Dichtungsaustausch ist nun eine außerordentliche Reparatur fällig, die im Vergleich zur normalen Überholung um ein Vielfaches aufwendiger und teurer ist. Der Grund: Die Hauptkomponenten des Stellantriebs, wie etwa Zylindergehäuse und Kolben, sind beim Hersteller aufgrund der großen Varianz in der Regel nicht lagerhaltig. Manche Teile müssen sogar erst gegossen und anschließend bearbeitet werden. Im ungünstigsten Fall vergehen so Wochen oder Monate. Fällt die Wartezeit in die Hochsaison, müssen Betreiber gegebenenfalls empfindliche Produktionseinschränkungen hinnehmen

## 3. Praxisempfehlungen

### 3.1. Dem Worst-Case vorbeugen

Wer das Worst-Case-Szenario kosteneffizient vermeiden möchte, sollte nicht nur die Wartungsvorschriften einhalten, sondern auch größere Inspektionen rechtzeitig einplanen. So hat der Hersteller genug Zeit, die benötigten Teile bereitzustellen und die Reparatur sowie die abschließende Funktionsprüfung durchzuführen.

Muss der Stellantrieb repariert werden, sollte der Kraftwerkbetreiber unbedingt darauf achten, dass die abschließende Prüfung auch die Sicherheitsfunktion beinhaltet und alles detailliert dokumentiert wird. Nur so ist gewährleistet, dass diese im Störfall tadellos agiert und die SIL-Fähigkeit erhalten bleibt. Eine Gewährleistung hierfür kann allerdings nur der Originalhersteller geben, da diesem die ursprüngliche Spezifikation vorliegt, beispielsweise die

Federspannung. Alternative Anbieter können dies nicht garantieren, da sie weder über die gleichen Materialien, noch über die spezifischen Informationen bezüglich Steifigkeit, etc. verfügen. Nur mit der richtigen Kombination aus Fluid, Kolbenstange, Federpaket, Korrosionsschutz, etc. erzielt der Hersteller die gleiche Langlebigkeit und dasselbe Sicherheitsniveau wie zur Erstausslieferung.

### **3.2. Proof-Tests durchführen lassen**

Um die SIL-Konformität dauerhaft zu erhalten, ist nach fünf Jahren, spätestens alle sechs Jahre bzw. nach 50.000 Betriebsstunden ein Proof-Test durchzuführen. Der Hersteller prüft dabei gemäß Wartungsvorgabe auch alle sicherheitstechnischen Komponenten. Treten dabei oder im Rahmen der präventiven Instandhaltung Bauteile mit eingeschränkter Funktion zu Tage, werden diese ausgetauscht. Darüber hinaus erfolgt stets ein Funktionstest gemäß den Hinweisen zur Inbetriebsetzung der Anlage bzw. der sicherheitstechnischen Funktion sowie entsprechend der Betriebsanleitung und Dokumentation des Herstellers. Der Stellantrieb wird damit genauso getestet wie bei der ursprünglichen Inbetriebnahme der Anlage. Denn vor jeder Wiederinbetriebnahme ist der Anwender verpflichtet, die Sicherheitsfunktion inklusive Sicherheitszeit des Sicherheitssystems zu validieren und nachvollziehbar zu dokumentieren.

### **3.3. Vorausschauend planen**

Im Sinne der Risikominimierung sollte die Standardüberholung mit Dichtungstausch eine Selbstverständlichkeit sein – je nach Wartungsplan und abhängig von der Belastung alle zwei bis sechs Jahre. Für die Dauer dieser Maßnahme sollten Kraftwerksbetreiber inklusive Funktionsprüfung etwa zehn Arbeitstage einplanen, zuzüglich Transport sowie gegebenenfalls Ein- und Ausfuhr aus dem jeweiligen Land. Offenbart die begleitende Inspektion Schäden am Stellantrieb, informiert der Hersteller mit entsprechenden Bildnachweisen, erstellt ein Nachtragsangebot und bespricht gemeinsam mit dem Kunden das weitere Vorgehen. Hat die Reparatur noch Zeit, können bereits frühzeitig für einen späteren Wartungsschritt Ersatzteile bestellt oder gefertigt werden. Neben dem regelmäßigen Dichtungstausch sollte ein Hauptaugenmerk auf den Zustand des Federpakets gelegt werden. Diese kann im Vorfeld einer Wartung durch einen Fachmann einfach auf Federkraft und optischen Zustand (Rostbildung) vorgeprüft werden. Ein guter Zeitpunkt für größere Überholungen oder Reparaturen ist während einer produktionsarmen Phase des Kraftwerks – je nach geografischer Lage im Frühling, Sommer



► **Wer ungeplante Kosten und Stillstände vermeiden will, tut gut daran, den Wartungsplan einzuhalten. Um die SIL-Konformität dauerhaft zu erhalten, ist ein Proof-Test beim Hersteller unerlässlich.**

oder Winter. Nach der Überholung bieten Originalhersteller zumeist eine zwölfmonatige Gewährleistung auf den kompletten Antrieb.

### 3.4. **Wartungsstau: Was tun wenn, die Zeit drängt?**

Wurde die Wartung in der Vergangenheit vernachlässigt, sollte der Betreiber keine Zeit verlieren und umgehend den Hersteller kontaktieren. Im Gespräch mit dem Experten lässt sich der Zustand der Stellantriebe besser einschätzen, um die zeitlichen und finanziellen Risiken zu minimieren. Typischerweise informiert dieser zunächst über die technischen Zusammenhänge und erklärt dann die verschiedenen Handlungsoptionen. Anhand des Alters und der Wartungsgeschichte kann nun entschieden werden, ob das Gerät zur Standardüberholung eingeschickt werden muss, oder ob es genügt, das Gerät im Rahmen eines Vor-Ort-Besuchs im Kraftwerk zu inspizieren. Der Fieldservice macht sich dort ein Bild vom aktuellen Zustand der Anlage und führt gegebenenfalls ergänzende Messungen durch. Arbeiten mehrere Stellantriebe gleichen Typs im selben Kraftwerk, lohnt es sich unter Umständen, ein Ersatzgerät zu bevorraten, um Wartungszeiten zu überbrücken.

#### **Standardüberholung beim Hersteller mit Original-Ersatzteilen:**

- ▶ Visuelle Zustandsprüfung des Anlieferungszustandes mit Fotodokumentation
- ▶ Demontage: Zylindergehäuse, Kolbenstange, Kolben, Federeinheit, Anbaukomponenten und Messeinheit
- ▶ Überprüfung:
  - o Zylindergehäuse, Kolbenstange und Kolben sowie Messung der Laufflächen und Einhaltung von zulässiger Verschleißgrenzen gemäß Vorgaben der Konstruktion sowie der Chromschicht im Hinblick auf Mindeststärke
  - o Federeinheit: visuelle Überprüfung Tellerfedern und Schutzrohr
  - o Anbaukomponenten (Steuerblock, Ventile, Filter etc.)
  - o Messeinheit: Wegaufnehmer und Endschalter
- ▶ Erstellung Befundbericht mit Fotodokumentation

### 4. **Fazit: gut geplant ist halb gewonnen**

Kraftwerksbetreiber mit Dampf- oder Gasventilen tun gut daran, hydraulische Stellantriebe vor ungeplanten Ausfällen zu bewahren und die entsprechenden Folgekosten zu vermeiden. Dies geht am einfachsten, indem sie sich vom ersten Betriebstag nach den Wartungsplänen des Herstellers richten. Ergänzend dazu kann eine regelmäßige Zustandsanalyse durch den Field-Service helfen, außergewöhnliche Schäden und Fehlerquellen aufzudecken und direkt Gegenmaßnahmen einzuleiten oder rechtzeitig einzuplanen. Als Sofortmaßnahme bei Wartungsstau ist hingegen dringend ein sofortiger Kontakt mit dem Hersteller anzurufen, um gemeinsam die Situation einzuschätzen und die weiteren Schritte zu besprechen, damit der Kraftwerksbetrieb uneingeschränkt oder mit geplanter Wartung weitergeht.

Autoren:

Ralf Bentfeldt, Senior Manager Maintenance and Site Management Service Hydraulics, und

Volker Tenhaeff, Senior Manager Service Sales Support, Bosch Rexroth AG

#### **Reparatur beim Hersteller mit Original-Ersatzteilen:**

- ▶ Reinigung aller Komponenten
- ▶ Neuabdichtung der Dichtelemente des Zylinders und aller Komponenten mit original zertifizierten Ersatzteilen, welche die Betriebssicherheit garantieren
- ▶ Aufarbeitung der Laufflächen durch Politur mit Präzisionsbearbeitungsmaschinen
- ▶ Wartung der Filter durch Austausch der Dichtungen, Wechsel der Filterelemente und Erneuerung der Verschmutzungsanzeige
- ▶ Austausch sämtlicher Verschleißteile wie Luftfilter, Messanschlüsse, Verschlusschrauben, Schraubeng, Sicherungsringe, Führungsringe etc.
- ▶ Montage mit Manipulatoren und modernsten Hebevorrichtungen
- ▶ Funktionsprüfung aller Aufbaukomponenten gemäß spezifizierter Kriterien und mit Einstellungen gemäß Erstaustlieferung zur Sicherstellung der Betriebssicherheit
- ▶ Vollständige Funktionsprüfung aller spezifizierten Werten gemäß Erstaustlieferung
- ▶ Erstellung eines Prüfprotokolls

## BEISPIEL EINES WARTUNGSPLANS

In der nachfolgenden Tabelle sind die einzelnen Arbeiten nach dem Wartungsintervall und nach Baugruppen / Bestandteilen geordnet.

**Tabelle Wartungsplan**

Wann?	Wo?	Was?	Anmerkungen
<b>Alle 3 Monate</b>	Hydraulikkomponenten des Energiezylinders	Sichtkontrolle Reinigen Sie evtl. Verschmutzungen und Leckagen.	Damit können Sie Leckagen besser erkennen, beobachten und gegebenenfalls beseitigen.  Entfernen Sie umherliegende Teile.  Beseitigen Sie sofort ausgelaufene Flüssigkeit. Rutschgefahr!
	Hydraulikleitungen und Verschraubungen		
	Elektroanschlüsse, Kabel, Stecker und Kabel Dosen, elektrische Kabel	Sichtkontrolle	Bei Beschädigung oder erkennbarer Alterungserscheinung unverzüglich erneuern lassen. Achten Sie auf korrekte Befestigung.
	Optische Verschmutzungsanzeige an den Filtern	Sichtkontrolle  Überprüfen Sie die Funktion	Beim Ansprechen der optischen Verschmutzungsanzeige an einem Filter ist das Filterelement verschmutzt und muss ersetzt werden.
<b>Alle 6 Monate</b>	Alle Komponenten	Reinigen Sie verschmutzte Teile (entfernen Sie evtl. Staubablagerungen).  Wischen Sie ausgetretenes Öl sofort mit einem Tuch ab.	Damit können Sie Leckagen besser erkennen, beobachten und gegebenenfalls beseitigen.
Zusätzlich gleicher Umfang wie bei „Alle 3 Monate“			
<b>Alle 24 Monate</b> (spätestens alle 36 Monate)	Filter	Filterelement austauschen	Beachten Sie das Kapitel 12.2 „Komponenten austauschen“
	Sitz-, Wege- bzw. Servoventile (soweit vorhanden)	Überprüfen Sie die Schaltzeiten und die Funktion	
	Wegmesssystem	Überprüfen Sie die Funktion	
	Näherungsschalter	Überprüfen Sie die Funktion	
	Hydraulikleitungen	Überprüfen Sie alle Leitungen und Verschraubungen auf Undichtigkeiten und äußerlich erkennbare Beschädigungen! Beseitigen Sie umgehend Beschädigungen!	Erneuern Sie umgehend die Hydraulikleitungen bei: ▶ Beschädigungen ▶ undichten Stellen
Federpaket, Federkräfte und Führungen (soweit vorhanden)	Überprüfen Sie den Zustand und die einwandfreie Funktion	Der Austausch des Federpaketes darf nur von einem zertifizierten Bosch Rexroth Service Center durchgeführt werden (siehe Kapitel 17.1 „Anschriftenverzeichnis“)! Beachten Sie das Kapitel 10.4 „Wartung und Instandsetzung“.	
<b>Alle 5 Jahre</b> (spätestens alle 6 Jahre)	Alle Dichtungen	Wechseln der Dichtungen	Der Wechsel der Dichtungen darf nur von einem zertifizierten Bosch Rexroth Service Center durchgeführt werden (siehe Kapitel 17.1 „Anschriftenverzeichnis“)!
Zusätzlich gleicher Umfang wie bei „Alle 24 Monate“			