Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 93 (2001)
Heft: 1-2

Artikel: Sicherheitsaspekte bei hydraulischen Analgen
Autor: Habermann, Arnold
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939870

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 21.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

teranlagen ausser Betrieb sind, auch in die Kanalisation geleitet werden. Vom Schieberschacht gelangt das verschmutzte Drainagewasser in einen der beiden Koaleszenzfilter (redundant), wo der Kohlenwasserstoffgehalt mittels spezieller Filter auf ≤ 10 mg/l reduziert wird.

Über einen Entnahmeschacht, in welchem die noch vorhandene Belastung des Abwassers gemessen werden kann, gelangt es in eine Drainageleitung, welche in den Vorfluter mündet. Bei einer Havarie, bei der eine grössere Menge Öl auslaufen könnte, würde das Öl vom Schwerkraftölabscheider über einen Notüberlauf in eine Auffangwanne geleitet. Die Auffangwanne muss in diesem Fall mittels mobiler Pumpen geleert und das Öl via Lkw fachgerecht entsorgt werden.

Alle Steuerungs-(Klappen) und Überwachungselemente (Ölfühler, Schwimmer usw.) des ganzen Drainagesystems (Pumpen, Drainageleitung, Ölabscheideranlage) sind an der unterbrechungsfreien Stromversorgung angeschlossen, sodass die Funktionstüchtigkeit auch bei Stromausfall bestehen bleibt und somit die hohe Verfügbarkeit des Gesamtsystems, wie es in Gösgen verlangt wird, gewährleistet ist.

Vortrag des Verfassers anlässlich des Forums Wasser, Rapperswil, der HSR und des Linth-Limmatverbandes vom 10. November 2000 an der Hochschule Rapperswil.

Adresse des Verfassers
Daniel Loosli, dipl. Ing. ETH, Colenco Power Engineering AG, Mellingerstrasse 207, CH-5405 Baden.

Sicherheitsaspekte bei hydraulischen Anlagen

■ *Arnold Habermann*

1. Einleitung

Die neue DIN 19704 kann auch unter dem Aspekt der aktuellen rechtlichen Grundlagen als sehr praxistauglich bezeichnet werden. Sie besteht aus drei Teilen:

- Teil 1: Stahlwasserbauten, Berechnungsgrundlagen
- Teil 2: Stahlwasserbauten, Bauliche Durchbildung und Herstellung
- Teil 3: Stahlwasserbauten, Elektrische Ausrüstung

Die DIN 19704 stellt die fachspezifischen Grundlagen für die Bemessung (Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit) zur Verfügung.

Am Beispiel der hydraulischen Antriebe können die Auswirkungen der neuen Regelwerke gut dargestellt werden. Damit wird eine erhebliche Verbesserung des Sicherheitsstandards bei vernünftigem Aufwand erreicht.

2. Berechnungsgrundlage

2.1 Die verschiedenen Betriebsfälle nach alter DIN

In der alten DIN 19704 von 1976 gab es die folgenden Betriebsfälle zur Berechnung und Auslegung der Antriebe:

Normaler Betriebsfall	NB
Besonderer Betriebsfall	BB
Aussergewöhnlicher Lastfall	AL

Untersuchungen haben ergeben, dass bei ca. 80% aller ausgeführten Anlagen der Betriebsfall «BB» für die Berechnung und Auslegung der Antriebe massgebend war. Daher sieht die neue DIN-Norm 19704-1 für den Antrieb nur noch einen Betriebsfall «Bewegen» und bei aussergewöhnlichen Einwirkungen einen im Betriebsfall 2 «statisch» vor.

Die Unterschiede der alten und der neuen Norm lassen sich deshalb etwa wie folgt darstellen:

Alte DIN

Normaler Betriebsfall	NB = 220 bar
Besonderer Betriebsfall	BB = 250 bar
Aussergewöhnl. Lastfall	AL = 300 bar

Neue DIN

Betriebsfall 1 Bewegen	= 250 bar
Betriebsfall 2 Statisch	= 300 bar

2.2 Antriebskräfte

Die fachspezifischen Grundlagen für die Erstellung der Gefährdungsbilder sind in der Norm festgehalten. Die Antriebskräfte werden über Teilsicherheitsbeiwerte γF und Kombinationsbeiwerte Ψ für Stahlkonstruktion ermittelt.

3. Bauliche Durchbildung und Herstellung am Beispiel Hydraulikzylinder

Wegen ihrer Funktionen müssen Stahlwasserbauten konstruktiv einfach, robust und funktionssicher sein. Für den Stahlbau beträgt die Nutzungsdauer 70 Jahre. Für den Maschinenbau, einschliesslich der Elektronik, 35 Jahre. Diese Angaben beziehen sich nicht auf die Verschleissteile. Am Beispiel eines Hydraulikzylinders werden einige Konstruktionsmerkmale erläutert. Es werden folgende Anforderungen gestellt:

- An der Lastseite des Zylinders ist der Steuerblock mit Druckabsicherung und Bremsventil direkt anzuflanschen.
- Der Boden- und Kopfflansch des Zylinders ist geflanscht auszuführen.
- Der Zylinder soll mit einem Schmutz- und Eisabstreifer ausgeführt sein (Bild 1).

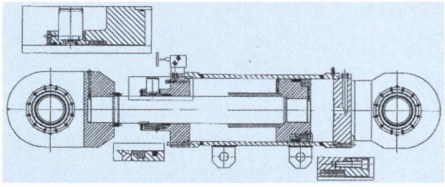


Bild 1. Übersicht über den Hydraulikzylinder.

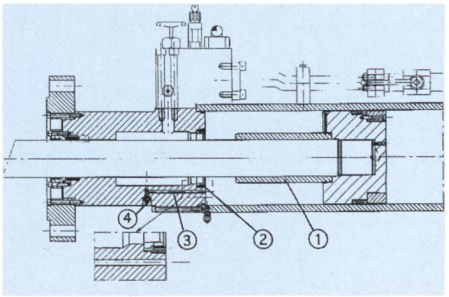


Bild 2. Detailansicht der Dämpfung mit ① Dämpfungsbuchse, ② Düsenring, ③ Bypassbohrung, ④ Drosselventil für die Einstellung der Dämpfungsgeschwindigkeit.

Bei Sicherheitsverschlüssen in Wasserkraftanlagen und Talsperren (z.B. Turbineneinlaufschütze, Absperrklappen) sowie Sicherheitstoren in Schifffahrtskanälen erfolgt die Abbremsung des Verschlusskörpers rein hydraulisch. Bei Hydraulikzylindern erfolgt die Abbremsung durch eine Endlagendämpfung derart, dass ein Ringquerschnitt auf den letzten Teil des Hubweges verkleinert wird (Bild 2).

Für Gelenkaugen ist eine mögliche Ausführung in Bild 3 dargestellt.

Als Stangendichtungen haben sich Dachmanschetten durchgesetzt (Bild 4). Diese sind begrenzt einstellbar.

In der letzten Zeit werden auch Nutringdichtungen eingesetzt. Bei optimaler Anordnung sind diese sehr reibungsarm und haben somit eine höhere Standzeit (Bild 5).

4. Sicherheitskonzept DIN 19704 Sicherheitsventile

4.1 Öldrücke im Hydrauliksystem

Die neue DIN 19704-1 sieht nur noch einen Betriebsfall «Bewegen» vor, wobei der maximale zulässige Druck 250 bar beträgt. Das Druckbegrenzungsventil DV1 im Sperrblock am Zylinder (Bild 6) angeordnet, begrenzt den max. Druck bei Bewegung. Sind «aussergewöhnliche bzw. vorzugebende charakteristische Einwirkungen» zu berücksichtigen, so ist ein weiteres Druckbegrenzungsventil DV3 für einen max. Druck von 300 bar erforderlich. Dieser Wert ist massgebend für die Ermittlung der grösstmöglichen Kraftübertragung bei «Halten des Verschlusskörpers». Das Druckbegrenzungsventil DV2 ist für die Pumpenabsicherung.

4.2 Beschleunigen und Verzögern

Zum Beschleunigen und Verzögern ist Folgendes vorgeschrieben: «Der Verschlusskörper muss in Abhängigkeit von Masse und Fahrzeit in angemessener Zeit beschleunigt und verzögert werden.»

Beschleunigung und Verzögerung bei ölhydraulischen Antrieben werden durch Veränderungen des Volumenstromes erreicht. Beim Beschleunigen des Zylinders oder Hydromotors nimmt der Volumenstrom von 0 oder einem Minimalwert bis zum erforderlichen Maximalwert stetig zu, bei Verzögerung stetig ab. Die Beschleunigungs- bzw. Verzögerungszeit muss stufenlos einstellbar sein. Sie ist abhängig vom Verschlusskörper und dessen Einsatzbedingungen und liegt in der Regel zwischen 3 und 15 s. Vorzugsweise kommen folgende Systeme zum Einsatz:

- Volumenstromsteuerung mittels Proportionalventil (Bild 7)
- Volumenstromsteuerung mittels Verstellpumpen (Bild 8)

Das Proportionalventil stellt eine Kombination aus Wegeventil zur Richtungssteuerung und Stromventil zur Steuerung des Durchflussvolumens dar.

Bild 8 zeigt ein System mit Verstellpumpe. Die Pumpe liefert einen variablen Förderstrom von 0 bis Maximum und ermöglicht somit die gewünschte Beschleunigung bzw. Verzögerung des Antriebes. Die Richtungssteuerung erfolgt durch ein Wegeventil.

5. Hydraulikstationen

Ausser den in der DIN aufgeführten Forderungen sei darauf hingewiesen, dass die Aggregate möglichst allseitig gut zugänglich sind.

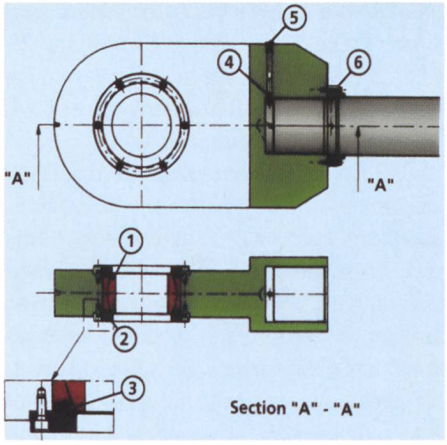


Bild 3. Ausführung eines Gelenkauges mit ① Gelenkauge, ② zusätzlicher Deckel mit ③ O-Ring-Abdichtung gegen Schmutz, ④ Verdrehsicherung, ⑤ Verschlussstopfen, ⑥ zusätzliche Abdichtung bei Beschichtung mit Ceramax.

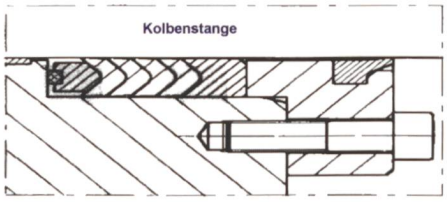


Bild 4. Kolbenstangendichtung mit Dachmanschette.

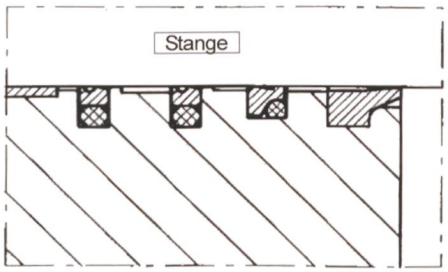


Bild 5. Stangendichtung mit Nutringdichtung.

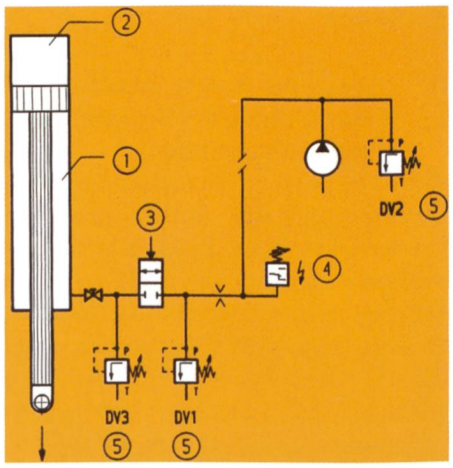


Bild 6. Drucküberwachung mit ① Ringraum unter Last, ② Kolbenraum des Zylinders, nicht beaufschlagt, ③ Sperrventil, ④ elektrische Drucküberwachung, ⑤ Druckbegrenzungsventil, DV2 = max. Systemdruckabsicherung, DV1 = Druckabsicherung des Ringraumes 250 bar, abzüglich Druckverluste, DV3 = statisch max. 300 bar.

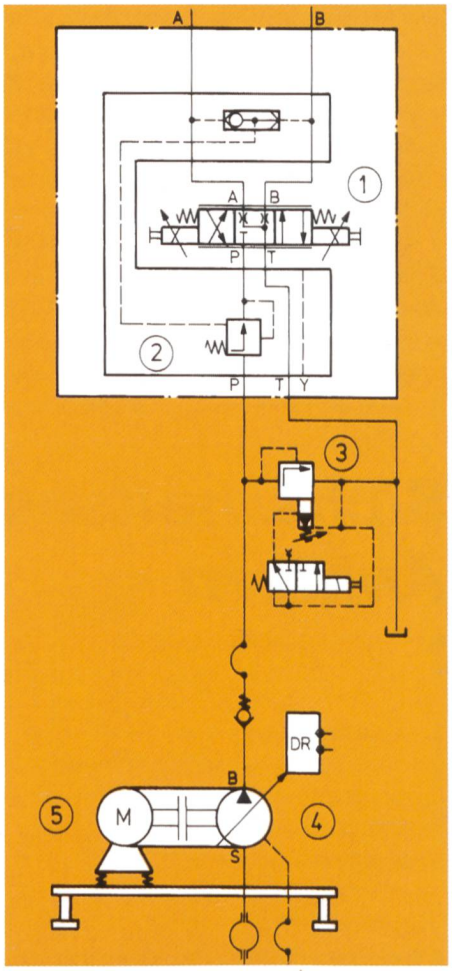


Bild 7. Beispiel Volumenstromsteuerung mit Proportionalsystem mit ① Proportionalventil, ② Druckwaage, ③ druckloser Umlauf, ④ Verstellpumpe mit Druckregler, ⑤ E-Motor.

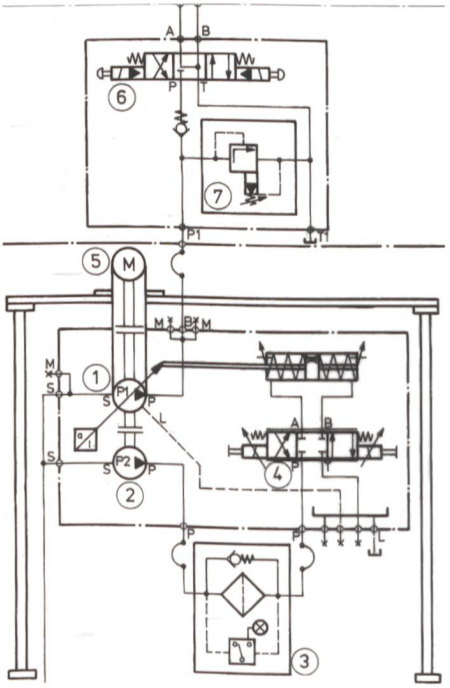


Bild 8. System mit Verstellpumpe, mit ① Proportionalverstellte Pumpe, ② Steuerölpumpe, ③ Druckfilter, ④ Proportionalverstellung, ⑤ E-Motor, ⑥ Wegeventil Heben/Senken resp. Schliessen/Öffnen, ⑦ Druckabsicherung.

Geräte, die einer laufenden Wartung bedürfen, z.B. Druckfilter, Feuchtigkeitsabsorber, sollen erreichbar sein. Das Gleiche gilt für handbetätigte Absperrorgane. Manometer sollten möglichst in Augenhöhe installiert sein. Die Ausführung der Aggregate muss bezüglich der Ausbildung der Maschinenräume vom Auftraggeber vorgegeben werden bzw. mit diesem abgestimmt werden. Nachstehend einige Ausführungsbeispiele:

5.1 Kompaktausführung

Diese eignet sich vorwiegend für kleine und mittlere Aggregate. Die Pumpen sind mit konstantem Volumen in vertikaler Bauweise auf dem Ölbehälter aufgesetzt, wie aus Bild 9 zu ersehen ist.

5.2 Aggregat in Einzelbauweise

Bei dieser Bauweise werden entsprechend der Grösse die einzelnen Baugruppen wie Ölbehälter, Pumpengruppen, Steuerstände usw. im Maschinenraum einander zugeordnet. Die Anordnung ergibt sich aus den Abmessungen des Raumes. Hierzu zwei Beispiele. Das erste Beispiel, Bild 10, zeigt eine Ausführung mit hoch gesetztem Ölbehälter und teilweise darunter angeordneten Pumpengruppen. Diese Anordnung wurde wegen der beschränkten Grundfläche gewählt, andererseits stand eine grössere Raumhöhe zur Verfügung. Beispiel 2 (Bild 11) zeigt eine gegenteilige Ausführung zu Beispiel 1: Hier war eine ausreichende Grundfläche bei niedriger Raumhöhe die örtliche Gegebenheit.

5.3 Aggregate in «Freiluft-Bauweise»

Ist aus baulichen Gegebenheiten die Anordnung eines Maschinenraumes in Massivbauweise nicht möglich, können die Aggregate auch in Stahlblechschränken untergebracht werden, wie Bilder 12 und 13 zeigen. Im Stahlblechschrank sind sowohl die Hydraulik als auch die Elektrik/Elektronik untergebracht. Der Schrankteil für Letztere ist isoliert und klimatisiert. Die Bauweise ermöglicht die komplette Verdrahtung und Prüfung zwischen Elektrik/Elektronik und Hydraulik im Werk. Dies reduziert den Montageaufwand auf der Baustelle erheblich.

5.4 Vergleich mechanischer – hydraulischer Antrieb

Der Raumbedarf für hydraulische Antriebe ist wesentlich kleiner als bei mechanischen Systemen (Bild 14).

6. Rohre und Rohrverbindungen

6.1 Strömungsgeschwindigkeiten

Die folgenden Richtwerte werden als Strömungsgeschwindigkeit für die Hydraulikrohrleitungen empfohlen:

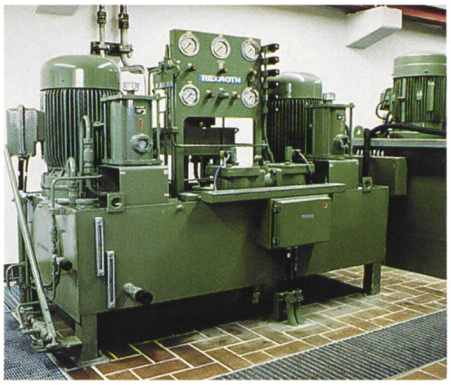


Bild 9. Hydraulikaggregat als Kompaktausführung.

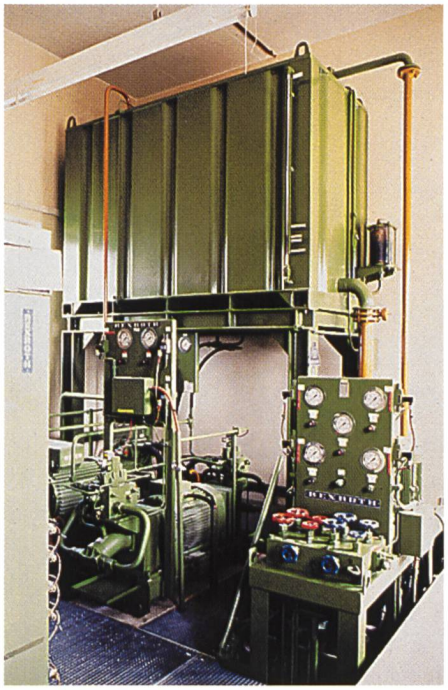


Bild 10. Ölbehälter mit darunter angeordneten Pumpengruppen.

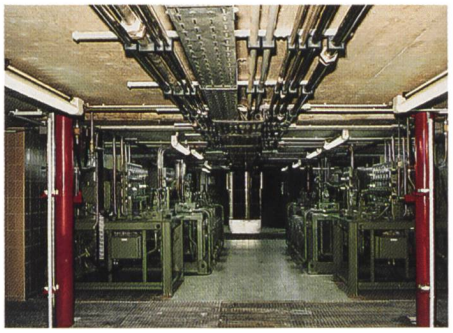


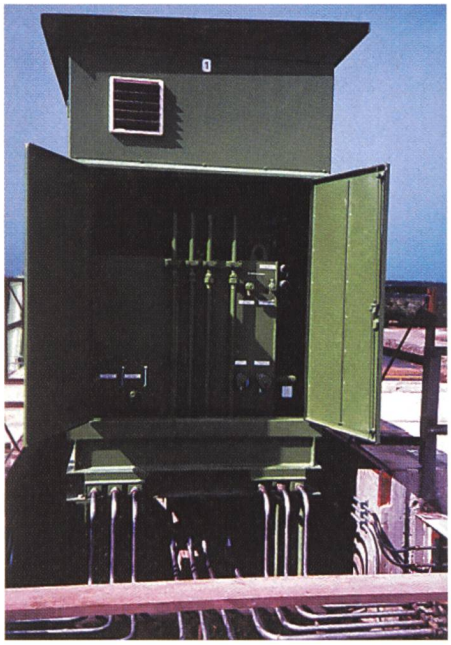
Bild 11. Hydraulikstation mit Verrohrungsaufbau.

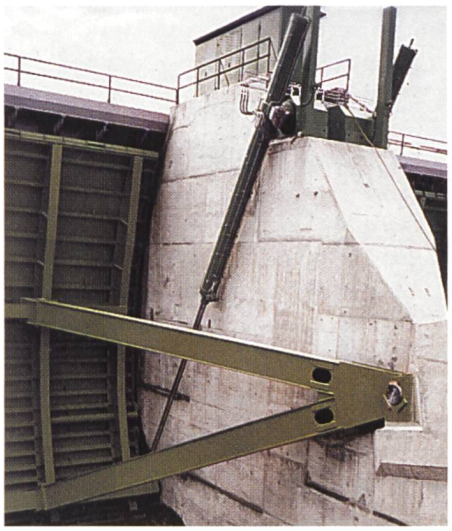
Druckleitung	< DN 40	3,0 m/s
(Vor- und Rücklauf)	> DN 40	5,0 m/s
Leckageleitungen	< DN 40	1,0 m/s
	> DN 40	1,5 m/s
Saugleitungen		0,6 m/s

6.2 Ausführungstypen

Bei Rohrverschraubungen sind grundsätzlich drei Ausführungen zugelassen (Bild 15):

– Die bekannte Schneidringverschraubung,





Bilder 12 und 13. Hydraulikstation in «Freiluft-Bauweise», Übersicht (oben), Detail (unten).

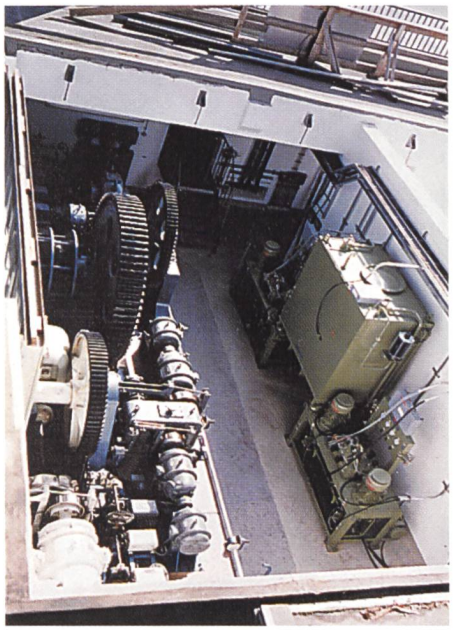


Bild 14. Vergleich Raumbedarf hydraulische und mechanische Antriebssysteme.

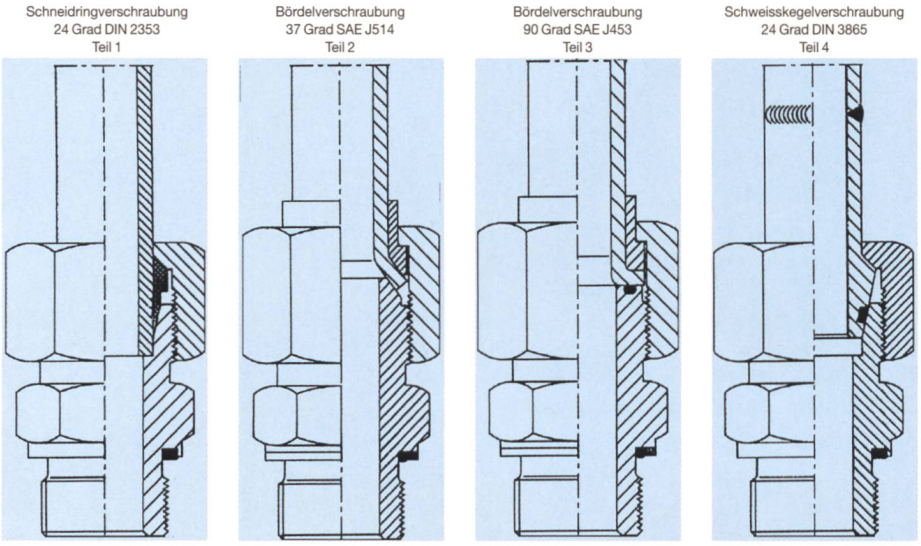


Bild 15. Status der ISO-Standardisierung (Rohrverschraubungen ISO 8434).

die jedoch nur in Verbindung von einem Rohr aus unlegiertem Stahl und innerhalb geschlossener Räume zugelassen ist.

- Schweisskegelverschraubungen mit O-Ring-Dichtung, Ausführung in unlegiertem oder nicht rostendem Stahl sollen ausserhalb der geschlossenen Antriebsräume verwendet werden.
- Bördelverschraubungen ebenfalls aus unlegiertem oder nicht rostendem Stahl.

Als Bördelverschraubungen sind solche Rohrverschraubungen anzusprechen, bei denen das Rohrende kalt verformt wird, sodass sich eine formschlüssige Verbindung ergibt. Zusätzlich muss noch ein Dichtelement oder ein Dichtungskörper vorhanden sein, der mit entsprechenden Weichdichtungen ausgestattet ist, sodass sich eine leckölfreie Verbindung ergibt.

Für Rohrleitungen in Nennweite ab 40 mm kommen nur Flansche zur Verbindung der Rohrleitungen zum Einsatz. Ausführung aus unlegiertem Stahl oder nicht rostendem Stahl entsprechend der Ausführung der Rohre. Als Flansche können genormte Vorschweissflansche eingesetzt werden. Diese haben jedoch den Nachteil eines relativ grossen Aussendurchmessers. Günstiger sind hier die genormten SAE-Flansche, die wesentlich weniger Platz beanspruchen. Es sind sowohl die einteiligen Flansche als auch die mehrteiligen Flansche, d.h. mit separatem Anschweissnippel und ein- oder mehrteiligem losen Flanschring einsetzbar.

Wie in der Norm angesprochen, ist der Rohrverlegung besondere Aufmerksamkeit zu widmen, insbesondere sollten die Rohre so zugänglich sein, dass eine einwandfreie Montage, d.h. ein einwandfreies Anziehen, der Rohrverschraubungen oder bei Flanschverbindungen möglich ist. Insbesondere bei Verlegung der Rohre in Kanälen ist diesem Punkt besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden, da Kanäle nur von oben zugänglich sind.

Als Druckschläuche sind nur Höchstdruckschläuche zugelassen.

7. Umweltverträgliche Hydraulikflüssigkeiten

Die überwiegende Anzahl der hydraulischen Anlagen im Stahlwasserbau werden mit Druckflüssigkeit auf Mineralölbasis betrieben. Für die Umwelt bedeutet dies bei Auftreten von Leckagen eine Gefahr, da die meisten Stahlwasserbauantriebe in der Nähe oder direkt an den Gewässern installiert sind. Dieser Gefahr begegnete man mit immer sichereren hydraulischen Antrieben. Mit dem wachsenden Umweltbewusstsein und den strengeren gesetzlichen Bestimmungen wird immer mehr der Einsatz von umweltfreundlichen Hydraulikmedien gefordert. Hierauf haben sich heutzutage die Hersteller von Flüssigkeiten und hydraulischen Antrieben einzustellen.

Was bedeutet Umweltverträglichkeit bei Hydraulikmedien? Vor allem heisst dies:

- gute biologische Abbaubarkeit,
- keine Fischtoxizität,
- keine Bakterientoxizität,
- keine Wassergefährdung und
- eventuelle Lebensmittelverträglichkeit.

Zurzeit sind auf dem Markt folgende umweltverträglichen Hydraulikflüssigkeiten erhältlich:

- natürliche Hydraulikflüssigkeiten: Rapsöl, Olate-Säure-Ester,
- synthetische Hydraulikflüssigkeiten: Polyglycole, synthetische Ester.

Die nativen Grundöle lassen sich unterteilen in Rapsöl und Ölsäure-Ester. Rapsöle sowie Ölsäure-Ester sind für den Einsatz im Stahlwasserbau wenig geeignet, da beide

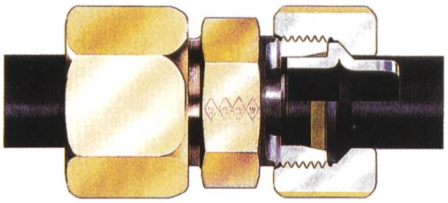


Bild 16. Rohrverschraubung mit Weichdichtung.

Flüssigkeiten ein schlechtes Tieftemperaturverhalten zeigen. Sie sind nur in Gegenden einsetzbar, in denen die Temperatur nicht unter +10 °C absinkt.

Polyglykole und synthetischer Ester sind für den Einsatz im Stahlwasserbau geeignet. Polyglykole werden auf Grund ihrer guten Löslichkeit im Wasser vor allem bei Anlagen an offenen Gewässern eingesetzt. Glykole sind alterungsbeständig und haben eine gute Tieftemperatureignung. Polyglykole sind biologisch abbaubar. Bei synthetischen Estern können in Abhängigkeit von der Wahl der Säure und des Alkohols beim Veresterungverfahren und von den zugesetzten Additiven die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Endprodukte weit voneinander abweichen. Die Alterungsbeständigkeit und das Tieftemperaturverhalten sind gut. Um eine Spaltung der Ester durch Hydrolyse zu vermeiden, muss der Wassergehalt möglichst niedrig gehalten werden. Synthetische Ester sind nicht mischbar mit Wasser. Sie sind biologisch abbaubar.

Weiterentwickelte Hydraulikmedien, und mögen sie noch so umweltfreundlich sein, entbinden jedoch den Projektanten und Lieferanten von Hydraulikanlagen nicht von der Aufgabe, hydraulische Antriebe immer sicherer und leckölfreier zu planen und zu bauen. Alles, was nicht in die Umwelt gelangt, kann diese auch nicht schädigen.

Überarbeitete Version eines Vortrages des Autors anlässslich des Forums Wasser: «Sicherheitsaspekte bei hydraulischen Systemen» vom 9. November 2000 an der Hochschule Rapperswil.

Adresse des Verfassers
Dipl. Ing. *Arnold Habermann,* Mannesmann Rexroth AG, Postfach, D-97813 Lohr am Main.