

Schutzschläuche bieten Sicherheit bei Leitungsbruch und -leckage

Schutzschläuche bieten in der Hydraulik die Sicherheit, die Richtlinien bei Bruch oder Leckage von Druckleitungen fordern. Jedoch zeigen Schadensfälle, Schlauchtests und Berechnungsmodelle, dass eine dauerhaft funktionierende Abschirmung austretender Flüssigkeitsstrahlen besonderer Vorkehrungen bedarf.

HELMUT WETTEBORN UND BURKHARD SPILLE

Schutzschläuche schirmen die unmittelbare Umgebung hydraulischer Leitungen – von Rohren und Schläuchen – vor gefährlichen Ausbrüchen unter Druck stehender Flüssigkeiten ab. Ein anforderungsgerechter und bestimmungsgemäß ausgeführter Schutz zeugt von verantwortungsbewusster Planung, Herstellung, Montage und Betreibung eines Leitungssystems in hydraulischen Anlagen, Geräten und Maschinen. Der Schutz bezieht sich vor allem auf Personen mit Bedienungs- oder Überwachungsfunktion, die ihre angewie-

sene Tätigkeit in gefährlich einzustufenden Leitungsbereichen ausüben. Der Schlauchschutz trägt als Bauteil an der Leitung sekundär zur Sicherheit bei, der Ausschluss von Personen- und Sachschäden ist dessen generelle Aufgabe.

Austritt feinsten Flüssigkeitsstrahlen birgt hohes Gefahrenpotenzial

Die Schutzfunktion hydraulischer Leitungen bezieht sich nicht auf das Auffangen von Druckflüssigkeit, sondern auf den Schutz vor spontan austretender Flüssigkeit aus relativ

offenen Leckagen oder Leitungsbrüchen. Kennzeichen dieser spontanen und zeitlich eng begrenzten Ausbrüche, die in der Regel unter hohem Flüssigkeitsdruck erfolgen, sind energiereiche Feinstrahlen mit großen Aktionskräften. Der menschliche Körper hat diesen Aktionskräften nichts entgegenzusetzen.

Dipl.-Ing. Helmut Wetteborn und Burkhard Spille sind zuständig für den Bereich Anwendungstechnik bei Hansa-Flex Hydraulik. Weitere Informationen: Hansa-Flex Hydraulik GmbH, 28307 Bremen, Tel. (04 21) 4 89 07-0, Fax (04 21) 4 89 07-48, info@hansa-flex.com

Die Abschirmung der unmittelbaren Umgebung hydraulischer Leitungen vor Flüssigkeitsausbrüchen mit Schutzschläuchen ist eine dringliche Notwendigkeit.



Bild: Hansa-Flex

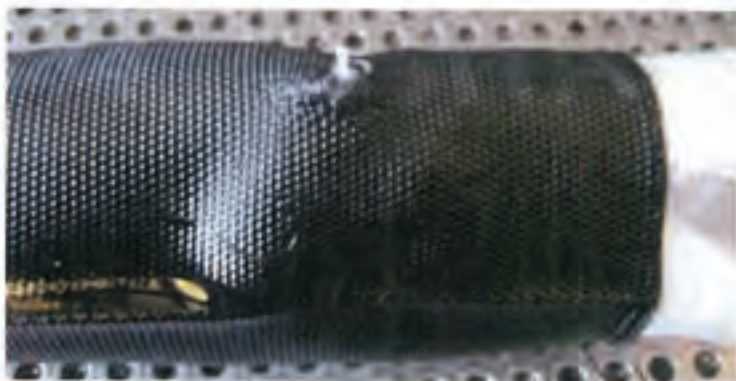


Bild 1: Bei andauernder Druckbelastung ist ein Leitungsschutz aus Geflechtlagen ungeeignet.



Bild 2: Schumpfschläuche sind als Leitungsschutz nicht zugelassen. Sie haben unter anderem nicht die notwendige Festigkeit.

zen. Erhebliche Verletzungen, auch mit Todesfolge, können daher nicht ausgeschlossen werden. Meist sind mangelhafte Auslegungen und Montagen in Verbindung mit fahrlässiger Planung und fehlender Risikoanalyse die Ursachen. Fehlende Abschirmungen unmittelbar an der als gefährlich eingestuften Leitung oder in einem angemessenen Abstand zeugen von mangelnder Sorgfaltspflicht der Planer und Hersteller. Die Vernachlässigung der Sorgfaltspflicht ist Fahrlässigkeit.

Schutz vor Flüssigkeitsaustritt bekommt normrechtliche Priorität

Die schon recht ins Detail gehenden DIN EN 982 [1] und DIN EN ISO 12100-1 [2] fordern unter dem Kriterium „wichtigste Festlegungen“ bestimmungsgemäß ausgeführte „sicherheitstechnische Einrichtungen“ oder die „Vermeidung von Gefährdungen“. Dies betrifft nicht nur die Zuverlässigkeit der Bauteile sowie die Beachtung des Bruchrisikos, sondern auch die Vermeidung von Emissionen gefährlicher Substanzen und vor allem den Schutz vor spontanem Flüssigkeitsaustritt. Aufgrund der Einstufung der DIN EN 982 als Sicherheits-Gruppennorm und in diesem Fall als B2-Norm für sicherheitsbedingte Einrichtungen bekommt diese Forderung Priorität. Das Durchsetzen eines Mindestsicherheitsniveaus fordert die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG auch in Bezug auf gefährliche Emissionen. In vielen Punkten wird dabei auf folgende Maßnahmen hingewiesen:

- ▶ Gefährdungen müssen ermittelt und beurteilt werden.
- ▶ Ein Abschätzen und Bewerten von Risiken ist erforderlich.
- ▶ Erkannte Gefährdungen sind auszuschalten.
- ▶ Es sind Schutzmaßnahmen vorzunehmen, die eine Minimierung der Gefährdungen und Risiken ermöglichen. ▶

Bekanntmachung

Patentrechtlich geschütztes Sicherheitselement (Safety Click™) darf nicht ohne Lizenz in Abkantwerkzeuge eingesetzt werden

Am 28. Mai 2009 hat der niederländische Presswerkzeughersteller Wila B.V. (Lochem) Patentverletzungsklage aus dem deutschen Teil des europäischen Patents EP 0 494 714 bei der Patentstreitkammer des Landgerichts Düsseldorf (Az. 4a 0 108/09) erhoben. Verklagt wurde die unter dem Namen WR Abkantwerkzeuge tätige Wolfgang Richter GmbH (Eichenzell) gemeinsam mit ihren Geschäftsführern wegen des unberechtigten Vertriebs von Abkantwerkzeugen, die mit dem patentrechtlich geschützten Sicherheitselement (Safety Click®) von Wila B.V. ausgerüstet wurden. Die angegriffenen Abkantwerkzeuge sind von der Wolfgang Richter GmbH unter der Artikelbezeichnung K—101937 (OW200S) mit Schnellspannsystem auf den Markt gebracht worden.

Um eventuelle Verwirrung über die Herkunft der angegriffenen Abkantwerkzeuge bei Abnehmern und Lizenznehmern schnellstmöglich zu beseitigen, macht Wila B.V. bekannt, dass sich die Parteien des Rechtsstreits am 5. August 2009 im Rahmen eines außergerichtlichen Vergleichs geeinigt haben:

♦ Die Wolfgang Richter GmbH und ihre Geschäftsführer haben sich gegenüber Wila B.V. rechtsverbindlich verpflichtet, es zukünftig zu unterlassen, Presswerkzeuge nach Maßgabe des Klagepatents in dessen Geltungsbereich anzubieten, in Verkehr zu bringen oder zu gebrauchen oder zu den genannten Zwecken entweder einzuführen oder zu besitzen. Für jeden Fall der Zuwiderhandlung gegen diese Unterlassungsverpflichtung wird die Zahlung einer vereinbarten Vertragsstrafe an Wila B.V. fällig.

♦ Die Wolfgang Richter GmbH und ihre Geschäftsführer haben sich gegenüber Wila B.V. rechtsverbindlich zum Ausgleich eines etwaigen Schadens durch Zahlung einer Pauschalsumme sowie weiterhin zur Übernahme der Verfahrenskosten verpflichtet, welche durch die Prozessvertretung von Wila B.V. (Rechtsanwälte: Taylor Wessing, Düsseldorf; Patentanwälte: Arnold + Siedsma, Den Haag) entstanden sind. Außerdem sind Wila B.V. die Kosten für diese Bekanntmachung zu erstatten.

♦ Im Gegenzug hat Wila B.V. die beim Landgericht Düsseldorf anhängige Patentverletzungsklage mittlerweile zurückgenommen und auf die weitere Geltendmachung der mit dieser Klage verfolgten Ansprüche auf Auskunftserteilung, Schadensersatz sowie Vernichtung der angegriffenen Abkantwerkzeuge verzichtet.

Berechnungsmodell Freistrah

Realitätsnahe Ergebnisse

Der Berechnungsansatz für die Aktions- und damit die Reaktionskraft aufgrund einer spontan austretenden Druckflüssigkeit mit der Geschwindigkeit w_1 beruht auf dem Impulssatz. Die Druckflüssigkeit mit dem Druck p und der Dichte ρ verlässt das Leitungsinnere über die Leckage- oder Bruchstelle mit dem Querschnitt A und dem hydraulischen Durchmesser $d = (4 \times A/U)$. Sie durchquert als Freistrah mit der Geschwindigkeit w_1 den Raum zwischen Leitungsoberfläche und Abschirmung – die Ausbildung eines Freistrahls vorausgesetzt.

Im Freistrah entsteht ein Geschwindigkeitsprofil mit sich auseinanderfächernden Stromlinien, die einem Strahlwinkel von 10° folgen [3]. Der Aus-

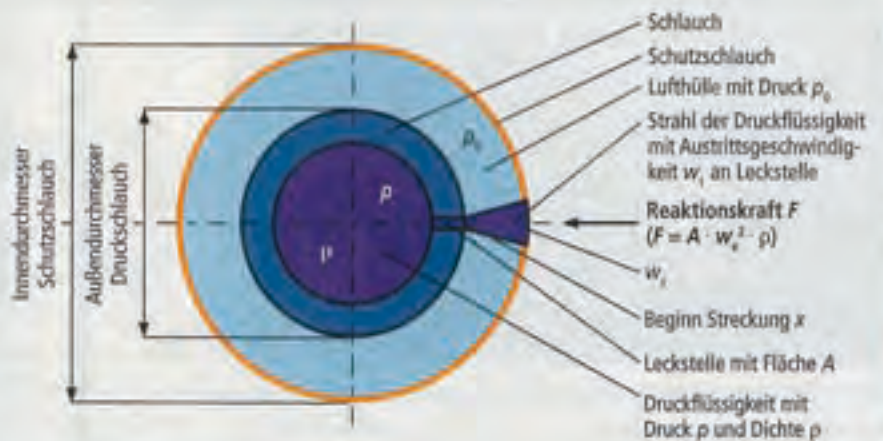
Ausgangsparameter zur Kraftberechnung nach den Modellen Platte-Düse (Fall 1) und Freistrah (Fall 2)

Parameter	Wert
Flüssigkeitsdruck in Leitung	bar 400
Schlauchtyp 4SP	DN 12
hydraulischer Durchmesser (Bruchstelle)	mm 12,3
Schutzschlauch-Innendurchmesser (Fall 1)	mm 44
Schutzschlauch-Innendurchmesser (Fall 2)	mm 127

Bei Leitungsbruch übt die Druckflüssigkeit eine Belastung auf die Abschirmung aus.

breitungsdurchmesser der Stromlinien und der Massenstrom im Freistrah nehmen linear zu. Impuls und Reaktionskraft F_1 entsprechen der jeweiligen Strömungsstelle x und sind berechenbar. Je größer der Istdruck p an der Schadensstelle, desto größer ist die Austrittsgeschwindigkeit w_1 der Druckflüssigkeit. Die Reaktionskraft ist abhängig vom Austrittsquerschnitt A und nimmt mit dem Quadrat der Austrittsgeschwindigkeit w_1 zu, die im Zusammenhang mit dem Abstand x auch die Geschwindigkeit w_2 im Freistrah beeinflusst. Zu beachten ist aber der Gültigkeitsbereich des Freistrahls. Erst ab dem zehnfachen hydraulischen Durchmesser entwickelt der Freistrah seine volle Wirkung. Das wäre bei stationären Abschirmungen der Fall, aber kaum bei den üblichen Schutzschlauchdurchmessern zu erreichen.

Die praxisnahen geometrischen Verhältnisse zwischen Leitung und Schutzschlauch sind kleiner als das Zehnfache des hydraulischen Durchmessers. Sie führen zwangsläufig zum Berechnungsmodell Düse-Prallplatte. Mit diesem Berechnungsmodell wird ein wirksamer Abbau der Reaktionskraft wie



beim Freistrah nicht erreicht. Die Dimensionierung eines Schutzschlauches auf der Grundlage des Berechnungsmodells Freistrah lässt sich in der Praxis kaum anwenden. Die notwendigen Durchmesser des Schutzschlauches lassen sich aufgrund ihrer handelsüblichen Größe in der Praxis nicht realisieren. In der Tabelle sind die Ausgangswerte für die Berechnung enthalten, anhand der sich die Kraftentwicklung zeigen lässt. Die Berechnung führt im Fall Düse-Prallplatte zu folgendem Ergebnis: Die Austrittsgeschwindigkeit w_1 beträgt $45,5 \text{ m/s}$ und die Reaktionskraft (Abstand $10 \times d$) 214 N . Beim Modell Freistrah wurde eine Austrittsgeschwindigkeit w_1 von $17,4 \text{ m/s}$ und eine Reaktionskraft von $31,2 \text{ N}$ berechnet.

Deutlich lassen sich die Einflüsse der Berechnungsmodelle, des Geschwindigkeitsabbaus und damit der Größen der Reaktionskräfte erkennen. Mit dem Berechnungsmodell Freistrah können Reaktionskräfte an stationären Abschirmungen durchaus berechnet und beherrschbare Kräfte für die konstruktive Auslegung ermittelt werden.



Bild 3: Außer der Festigkeit sind bei PVC-P-Schutzschläuchen auch die Weichmacher problematisch, insbesondere im Brandfall.



Bild 4: Das gemeinsame Einbinden ist nicht zulässig. Diese Schlauchleitung ist nicht prozesssicher.

Verantwortlich dafür sind Hersteller, Betreiber und Vermieter von Anlagen, Geräten und Maschinen. Die CE- und GS-Kennzeichnung dokumentieren das Sicherheits-

niveau auch des Leitungsschutzes. Die bestellte befähigte Person kontrolliert in der angewiesenen Inspektion die Ergebnisse der Risikoanalyse und die umgesetzten tech-

nischen Maßnahmen während des Maschinen-, Geräte- oder Anlagenbetriebs. Die befähigte Person gibt beratend eventuell notwendige ergänzende Hinweise über Verbes-

serungen des Sicherheitszustands an den jeweiligen Verantwortlichen weiter.

Der Verantwortliche entscheidet anhand der Inspektionsergebnisse über den sicherheitstechnischen und funktionalen Zustand der Abschirmung sowie über weitere einschlägige Maßnahmen am hydraulischen System. Von grundsätzlicher Bedeutung sind die weiteren Untersetzungen der Richtlinien und Normen durch berufsgenossenschaftliche Schriften zu werten. Beispielhaft stehen dafür die Ausführungen zur Sicherung bei Versagen von Schlauchleitungen und zur Sicherung von Fahrer- und Bedienplätzen gemäß BGI 5100, UVV 13 und BGR 237.

Nur zugelassene Schutzschläuche bieten erforderliche Sicherheit

Die Erfahrung zeigt, dass nur geprüfte und zugelassene Schutzschläuche in geschlossener Ausführung den geforderten Schutz vor gefährlichen Emissionen gewährleisten. Sie werden mit gestuften Innendurchmessern von 17 bis 127 mm aus einem hochfesten Nylongewebe (PA 6 imprägniert) hergestellt und müssen eine Reihe funktioneller Eigenschaften erfüllen. Die Anforderungen lauten: druckdicht bei kurzzeitiger Druckbelastung, elektrisch leitfähig, feuer- und reibungsfest.

Schutzschläuche mit sogenanntem Klettverschluss eignen sich nicht für diesen Einsatz. Die zugelassenen Schutzschläuche gewährleisten auch nur eine kurzzeitige drucktechnische Beaufschlagung von maximal 5 s. In der Regel erfolgt beim Leitungsbruch aber der sofortige Druckabbau in der betreffenden hydraulischen Leitung und der Schutzschlauch wird seiner Funktion gerecht. Ist ausnahmsweise mit einem „Dauerbeschuss“ zu rechnen, sind Geflechte ungeeignet. In diesen Fällen müssen andere Werkstoffe für die Abschirmung ausgewählt werden, zum Beispiel dünnwandige metallische Rohre. Geflechtlagen verschieben sich unter ständiger Beanspruchung aus ihrem Verbund und öffnen die Schutzhülle (Bild 1).

Zusätzlich zu diesen grundsätzlichen Auslegungshinweisen haben Auswertungen von Schäden, hauseigener Versuche und Erfahrungen gezeigt, dass die Festlegung des Innendurchmessers sowie die Montage des Schutzschlauchs im wesentlichen Maße zur Funktionssicherheit beitragen. Die Funktionssicherheit der Abschirmung wird bei Einhaltung folgender Auslegungs- und Montagekriterien gewährleistet:

► Es müssen zugelassene Schutzschläuche aus anforderungsgerechten Werkstoffen verwendet werden.



Bild 5: Bei einseitigem Verschließen des Schutzschlauches ist die Funktionssicherheit noch gegeben, bei beidseitigem Verschließen jedoch nicht.

► Die Einhaltung des nötigen Abstands einer stationären Abschirmung zur potenziellen Schadensstelle ist zwingend notwendig.

► Die Festlegung des Schlauchdurchmessers muss „großzügig“ erfolgen.

► Eine „offene“ Montage des Schutzschlauchs ohne Querschnittseinengung am Ende oder in der Längsstreckung – zum Beispiel aufgrund von Kabelbindern oder Schellen – wird durchgeführt.

Die Durchmesserfestlegung erfolgt auf Basis von Versuchen und theoretischer Analysen nach folgender Beziehung: Der Innendurchmesser d_s des Schutzschlauchs muss größer als der Außendurchmesser D des flüssigkeitsführenden Schlauches sein – $d_s > D + D_z$ mit D_z (Zugabe) mindestens 15 mm. So muss der Schutzschlauch-Innendurchmesser d_s für einen 2SN-Flüssigkeitsschlauch (DN 19) mit 30,1 mm Außendurchmesser mehr als 45,1 mm betragen. In diesem Fall werden 47 mm festgelegt. Die Auswahl fällt auf einen Schutzschlauch mit Nenndurchmesser DN 47.

Auslegungs- und Montagemängel gefährden den Schutz

Anzutreffende Mängel sind meist auf falsche Auslegung, Werkstoffauswahl und Montage zurückzuführen:

► Der Einsatz von Schrumpfschlauch ist nicht zugelassen. Zudem hat ein Schrumpfschlauch nicht den notwendigen Abstand zwischen Schlauchleitung und vermeintlichem Schutz sowie nicht die notwendige Festigkeit (Bild 2).



Bild 6: Werden Schutzschlauch, Druckleitung und Schlauchschelle gemeinsam verlegt, geht die Schutzwirkung verloren. Eine getrennte Verlegung ist zwingend notwendig.

► Auch der PVC-P-Schlauch verfügt nicht über die ausreichende Festigkeit. Außerdem greift der gesundheitsschädliche Weichmacher die Schlauchleitungsoberflächen an. Im Brandfall entstehen daher hochgiftige Dioxine (Bild 3).

► Das gemeinsame Einbinden des Schutzschlauchs mit der Armatur ist fahrlässig. Der Grund dafür ist, dass die Armatur an ihrer Einbindung nicht prozesssicher montiert werden kann, die Schutzwirkung ist somit nicht gewährleistet (Bild 4).

► Der Schutzschlauch muss nicht offen montiert werden. Versuche ergaben, dass bei einseitigem Verschließen die Funktionsfähigkeit noch nicht eingeschränkt ist. Beidseitiges Verschließen verhindert die Funktionsfähigkeit des sonst zugelassenen Schutzschlauches (Bild 5).

► Einschnürungen in der Längsstreckung der geschützten Schlauchleitung mittels Kabelbinder oder Schellen verhindern die Schutzfunktion. Im Gegensatz dazu sichert zum Beispiel eine Trennung des Schutzschlauchs im Schellenbereich die Schutzwirkung (Bild 6).

MM

Literatur

- [1] DIN EN 982: Sicherheitstechnische Anforderungen an fluidtechnische Anlagen und deren Bauteile – Hydraulik. Juni 2009.
- [2] DIN EN ISO 12100-1: Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsgrundsätze. Januar 2008.
- [3] Wetteborn, H.: Hydraulische Leitungstechnik – ein Praxishandbuch. Achim: Beste Zeiten Verlagsgesellschaft mbH 2009.