

Flame Resistant Hydraulic Fluids – Requirements and Test Methods

In many areas where hydraulic fluids are used, it is important to minimize the fire hazard that can be caused by hydraulic fluids. Whether in steelworks and power stations or in machine tools or underground mining, it may be necessary to use hydraulic fluids with improved fire engineering properties, so-called flame-retardant hydraulic fluids, in order to prevent the formation and spread of fire. These properties must be tested and certified by independent test laboratories. Therefore, standards for testing these properties were introduced, which have since created a high level of safety.

In fire and explosion protection, it is the major events that startle us and lead us to issue new rules or to rethink and, if necessary, adapt existing regulations. The most famous Roman city fire of 64 A.D., which affected 14 districts of Rome, e.g., led to the establishment of the first organized fire department and the setting up of night watches.

This article is based on a lecture by the author entitled “Fire Resistant Fluids” at the OilDoc Conference & Exhibition 2019 in Rosenheim/Germany.

Schwer entflammbare Hydraulikflüssigkeiten – Anforderungen und Prüfmethoden

In vielen Bereichen, in denen Hydraulikflüssigkeiten eingesetzt werden, ist es wichtig, die Brandgefahr, die durch Hydraulikflüssigkeiten entstehen kann, gering zu halten. Ob bei der Anwendung in Stahlwerken und Kraftwerken oder in Werkzeugmaschinen oder im Bergbau unter Tage kann es notwendig werden, Hydraulikflüssigkeiten mit verbesserten brandtechnischen Eigenschaften, sogenannte schwer entflammbare Hydraulikflüssigkeiten, einzusetzen, um die Entstehung und Ausbreitung von Feuer zu vermeiden. Diese Eigenschaften müssen von unabhängigen Prüflaboren geprüft und zertifiziert werden. Daher wurden Normen zum Testen dieser Eigen-

schaften eingeführt, die seitdem ein hohes Sicherheitsniveau geschaffen haben. Im Brand- und Explosionsschutz sind es die großen Ereignisse, die aufschrecken lassen und dazu führen, neue Regeln zu erlassen oder bestehende Regelwerke zu überdenken und ggf. anzupassen. So führte der bekannteste römische Stadtbrand von 64 n. Chr., bei dem 14 Bezirke Roms betroffen waren, zur Aufstellung der ersten organisierten Feuerwehr und der Aufstellung von Nachtwachen.

Der Beitrag basiert auf einem Vortrag des Verfassers unter dem Titel „Fire Resistant Fluids“ auf der OilDoc Conference & Exhibition 2019 in Rosenheim.

Introduction

The flour dust explosion in 1979 in the Rolandmühle in Bremen (Figure 1) with 14 deaths and over 100 M DM damage, which is said to have been the strongest explosion in peacetime at that time (1), led to the legal regulation of explosion protection, which includes the ATEX product directive.

In terms of hydraulic fluids, it was the fire in the Belgian mine Bois du Cazier in Marcinelle in 1956 that killed 262 miners (Figure 2). The catastrophe was triggered when the mine cars filled with coal were pushed onto the pit cage at the 975 m level. Due to a bad coordination between the operator underground and the operator on the surface, the pit cage was already moving without the mine car being completely pushed back. As a result, a compressed air line, a 3,000 V line and the hydraulic line of the push-on device were damaged. The hydraulic oil splashed out under pressure was ignited by the arc of the 3,000 V line. Since it was a retracting shaft, the fire gases were drawn into the entire

Einführung

Die Mehlstaubexplosion 1979 (Bild 1) in der Rolandmühle in Bremen mit 14 Toten und über 100 Mio. DM Schaden, von der gesagt wird, dass es zum damaligen Zeitpunkt die stärkste Explosion zu Friedenszeiten gewesen sein soll (1), führte zur gesetzlichen Regelung des Explosionsschutzes, zu der u.a. auch die ATEX-Produkt-richtlinie gehört.

Bezogen auf Hydraulikflüssigkeiten war es das Feuer im belgischen Bergwerk Bois du Cazier in Marcinelle im Jahr 1956, bei dem 262 Bergleute ums Leben kamen (Bild 2). Ausgelöst wurde die Katastrophe beim Aufschieben der mit Kohle gefüllten Förderwagen auf den Förderkorb auf der 975 m-Sohle. Durch schlechte Abstimmung zwischen dem Anschläger unter Tage und dem Fördermaschinenisten über Tage setzte sich der Förderkorb bereits in Bewegung, ohne dass der Förderwagen vollständig aufgeschoben wurde. In der Folge wurden eine Druckluftleitung, eine 3.000 V-Leitung und die Hydraulikleitung der Aufschiebeeinrichtung be-



Fig. 1. Flour dust explosion in 1979 in the Rolandmühle in Bremen (2).
Bild 1. Mehlstaubexplosion 1979 in der Rolandmühle in Bremen (2).



Fig. 2. Fire in the Belgian mine Bois du Cazier in Marcinelle in 1956 (4).
Bild 2. Feuer im belgischen Bergwerk Bois du Cazier in Marcinelle (4).

pit. Only 13 miners could be saved. As one of the results of this catastrophe and in order to improve fire protection in mines, the Safety and Health Commission for Mining and other Raw Materials Industries started to define requirements and test procedures for flame-retardant hydraulic fluids in the so-called Luxembourg Report (3). These test methods were later partially extracted from the Luxembourg Report and found their way into international standardization and thus into other branches of industry. What they all have in common is that fire hazards must be kept to an absolute minimum. Hot environments during production increase this need. These include, e.g., the steel industry, mechanical engineering, the military and, of course, mining, which is still active.

Also during the catastrophe on 11th November 2000 of the Kaprun glacier cable car up to the Kitzsteinhorn in Austria (Figure 3), the most probable cause was seen to be that combustible hydraulic fluid dripped onto a heater not approved for this application due to leaks and ignited here. This primary fire then spread quickly. In the uphill train affected by the fire, 150 of the 162 passengers died. In return, the train driver and a tourist as well as three people at the top station died from smoke poisoning (5).

Terms, standards, property “flame retardant”

In order to characterize a liquid with regard to fire protection, different terms are used (7). Knowing the product-specific charac-



Fig. 3. Mountain railway accident in Kaprun (6).
Bild 3. Bergbahnungsglück in Kaprun (6).

schädigt. Das unter Druck herausspritzende Hydrauliköl wurde durch den Lichtbogen der 3.000 V-Leitung entzündet. Da es sich um einen einziehenden Schacht handelte, zogen die Brandgase durch die gesamte Grube. Nur 13 Bergleute konnten sich retten. Als eines der Ergebnisse dieser Katastrophe und zur Verbesserung des Brandschutzes in Bergwerken hat die Sicherheits- und Gesundheitskommission für Bergbau und andere Rohstoffindustrien im sogenannten Luxemburger-Bericht (3) damit begonnen, Anforderungen und Prüfverfahren für schwer entflammbare Hydraulikflüssigkeiten zu definieren. Diese Testmethoden wurden später teilweise aus dem Luxemburger-Bericht extrahiert und fanden ihren Weg in die internationale Normung und damit in weitere Industriezweige. Ihnen allen ist gemeinsam, dass die Brandgefahren auf ein absolutes Minimum beschränkt werden müssen. Heiße Umgebungen während der Produktion erhöhen diesen Bedarf. Dazu gehören beispielsweise die Stahlindustrie, der Maschinenbau, das Militär und natürlich der noch aktive Bergbau.

Auch bei der Katastrophe am 11. November 2000 der Gletscherbahn Kaprun hinauf zum Kitzsteinhorn in Österreich (Bild 3) wurde als wahrscheinlichste Ursache gesehen, dass brennbare Hydraulikflüssigkeit durch Undichtigkeiten auf einen für diesen Anwendungsfall nicht zugelassenen Heizlüfter getropft sein soll und sich hier entzündete. Dieser Primärbrand breitete sich dann schnell aus. In dem vom Brand betroffenen bergauf fahrenden Zug kamen 150 der 162 Passagiere zu Tode. Im Gegenzug starben der Zugführer und ein Tourist sowie drei Personen auf der Bergstation durch Rauchgasvergiftung (5).

Begriffe, Normen, Eigenschaft „schwer entflammbar“

Um eine Flüssigkeit hinsichtlich des Brandschutzes zu charakterisieren, werden verschiedene Begriffe verwendet (7). Die produktspezifischen Kenngrößen der eingesetzten Betriebsmittel und -stoffe zu kennen, ist meist der erste Schritt bei der Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung.

Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur einer brennbaren Flüssigkeit, bei der sich unter festgelegten Bedingungen Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass sich das Dampf-/Luftgemisch bei Kontakt mit einer Zündquelle sofort entzündet.

Der Brennpunkt ist die niedrigste Temperatur einer brennbaren Flüssigkeit, bei der sich Dämpfe in solchen Mengen ent-

teristics of the operating equipment and materials used is usually the first step in preparing a risk assessment.

The flash point is the lowest temperature of a flammable liquid at which, under defined conditions, vapors develop in such quantities that the vapor/air mixture ignites immediately on contact with an ignition source.

The burning point is the lowest temperature of a flammable liquid at which vapours develop in such quantities that after ignition by a source of ignition a continuous burning is maintained.

The ignition temperature is the lowest temperature at which a flammable substance begins to burn under specified conditions.

In the description of the fire behavior of building products, a distinction is made between non-combustible, low flammability, normal flammability and high flammability within the classification of building products according to DIN EN 13501-1 (8). The determination of the property whether a product is, e.g., flame retardant is described in the standardized test procedures in connection with the intended classification of the fire behavior. The same applies to hydraulic fluids. DIN EN ISO 12922 Lubricants, industrial oils and related products (class L)-family H (hydraulic systems) (9) defines the minimum requirements for unused flame-retardant and less easily flammable pressure fluids for hydrostatic and hydrokinetic hydraulic systems in general industrial applications. The classification is based on DIN EN ISO 6743-4 Lubricants, industrial oils and related products (class L)-Classification – Part 4: Family H (Hydraulic systems) (10). Here, the flame-retardant hydraulic fluids are differentiated according to their composition (Table 1).

Flame retardant liquids according to EN ISO 6743-4 are pressurized liquids that are classified as flame retardant according to special test procedures. They owe their flame-resistance either to their water content or their chemical composition. Only water and flame-retardant liquids of type HFA with a water content of more than 90% are considered “non-flammable”. Flame resistant fluids of the types HFAS, HFB, HFC as well as HFDR and HFDU require a

wickeln, dass nach ihrer Entzündung durch eine Zündquelle ein ständiges Brennen unterhalten bleibt.

Die Zündtemperatur ist die niedrigste Temperatur, bei der ein brennbarer Stoff unter festgelegten Bedingungen zu brennen beginnt.

Bei der Beschreibung des Brandverhaltens von Bauprodukten wird im Rahmen der Klassifizierung von Bauprodukten gemäß DIN EN 13501-1 zwischen nicht brennbar, schwer entflammbar, normal entflammbar und leicht entflammbar unterschieden (8). Die Bestimmung der Eigenschaft, ob ein Produkt z.B. schwer entflammbar ist, wird in den normierten Prüfverfahren im Zusammenhang mit der angestrebten Klassifizierung des Brandverhaltens beschrieben. Genauso verhält es sich bei den Hydraulikflüssigkeiten. In der DIN EN ISO 12922 Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Produkte (Klasse L)-Familie H (Hydraulische Systeme) (9) werden die Minimalanforderungen an unbenutzte schwer entflammbare und weniger leicht entflammbare Druckflüssigkeiten für hydrostatische und hydrokinetische hydraulische Systeme in allgemeinen industriellen Anwendungen festgelegt. Die Klassifizierung erfolgt über die DIN EN ISO 6743-4 Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L)-Klassifizierung – Teil 4: Familie H (Hydraulische Systeme) (10). Hier werden die schwer entflammbaren Hydraulikflüssigkeiten entsprechend ihrer Zusammensetzung unterschieden (Tabelle 1).

Schwer entflammbare Flüssigkeiten nach EN ISO 6743-4 sind Druckflüssigkeiten, die nach Maßgabe besonderer Prüfverfahren als schwer entflammbar klassifiziert werden. Sie verdanken ihre Schwerentflammbarkeit entweder ihrem Wassergehalt oder ihrer chemischen Zusammensetzung. Nur Wasser und schwer entflammbare Flüssigkeiten des Typs HFA mit einem Wassergehalt über 90% werden als „nicht brennbar“ angesehen. Schwer entflammbare Flüssigkeiten des Typs HFAS, HFB, HFC sowie HFDR und HFDU erfordern einen erheblich größeren Energieaufwand zur Entzündung als konventionelle Druckflüssigkeiten auf Mineralölbasis. Der Grad der Schwerentflammbarkeit muss durch anerkannte Prüfverfahren nachgewiesen werden, die im Anhang B der

Code letter Kennbuchstabe	More specific applications Spezifischere Anwendungen	Composition and properties Zusammensetzung und Eigenschaften	Symbol ISO-L	Remarks Bemerkungen
H	Applications that require the use of flame-retardant liquids Anwendungen, die den Einsatz schwer entflammbarer Flüssigkeiten erfordern	Oil-in-water emulsions Öl-in-Wasser-Emulsionen	HFAE	Typically more than 95% by mass of water Typischerweise mehr als 95% Massenanteil Wasser
		Aqueous solutions of chemicals Wässrige Lösungen von Chemikalien	HFAS	Typically more than 95% by mass of water Typischerweise mehr als 95% Massenanteil Wasser
		Water-in-oil emulsions Wasser-in-Öl-Emulsionen	HFB	Typically more than 40% by mass of water Typischerweise mehr als 40% Massenanteil Wasser
		Aqueous solutions of polymers Wässrige Lösungen von Polymeren	HFC	Typically more than 35% by mass of water Typischerweise mehr als 35% Massenanteil Wasser
		Synthetic liquids containing no water and consisting of phosphate esters Synthetische Flüssigkeiten, die kein Wasser beinhalten und aus Phosphateestern bestehen	HFDR	
		Synthetic liquids not containing water and of different composition Synthetische Flüssigkeiten, die kein Wasser beinhalten und aus anderer Zusammensetzung bestehen	HFDU	

Table 1. Classification of hydraulic fluids according to DIN EN ISO 6743-4. // Tabelle 1. Klassifikation von Hydraulikflüssigkeiten gemäß DIN EN ISO 6743-4.

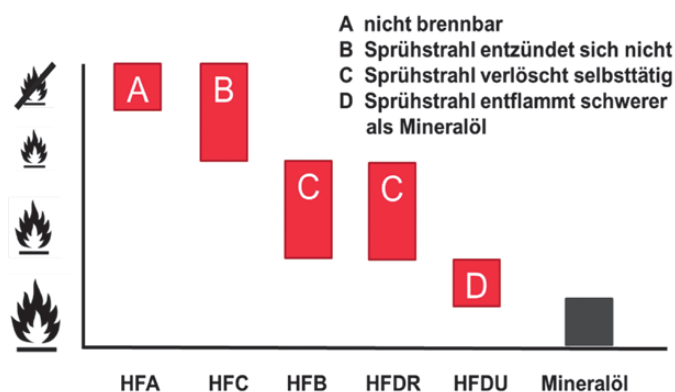


Fig. 4. Comparison of the flame-retardant properties of different hydraulic fluids. // Bild 4. Vergleich der Schwerentflammbarkeit verschiedener Hydraulikflüssigkeiten.

considerably higher energy input for ignition than conventional mineral oil-based pressure fluids. The degree of flammability must be demonstrated by recognized test methods, which are described in Appendix B of CEN/TR 14489 – Flammable hydraulic fluids – Classification and specification (11). The term “flame-retardant” is described here as follows: “The property of a liquid to meet the prescribed flame-retardant properties according to one or more standardized test methods”. In the ISO 5598 fluid power vocabulary, the flame-retardance of a hydraulic fluid is described as follows: “Hydraulic fluid which is difficult to ignite and which has a low tendency to spread flame”. It should be noted that the flame-retardant properties of a hydraulic fluid can vary greatly from fluid to fluid. Only the fact that it burns more poorly or is more difficult to ignite makes it a flame-retardant fluid in itself. Figure 4 gives an indication of the degree of flame-retardancy to be assumed for the various compositions. The diagram also clearly shows that the range of flame-retardant properties extends from non-flammable to slightly more flame-retardant than mineral oil.

Use of shear-flammable hydraulic fluids

The legal requirement to use flame-retardant hydraulic fluids with certain properties was found in many areas before deregulation, i.e. the abolition or simplification of government regulations. Until 24th October 2017, e.g., hydraulic fluids used in hard coal mining had to meet specified limit values in accordance with the Mining Ordinance for the Health Protection of Employees (GesBergV a.F.) with regard to flame-resistance depending on the intended use (12). The hydraulic fluids also had to be approved by the mining authorities. In DGUV Rule 113-020 Hydraulic Hose Lines and Hydraulic Fluids – Rules for Safe Use (13), the section on fire protection now states that hydraulic fluids with low flammability are available for special applications and are standardized in accordance with DIN EN ISO 12922 (9) and, if necessary, hydraulic fluids with low flammability must be used. No specifications are made as to what specific properties the fluids must have. Today, the manufacturer of machines and the operator of machines are responsible for safe operation. The manufacturer must place a safe machine on the market in accordance with Directive 2006/42/EC (Machinery Directive) (14). The operator of a machine must guarantee the safety and health protection of

CEN/TR 14489 – Schwer entflammbare Druckflüssigkeiten – Klassifikation und Spezifikation (11) beschrieben werden. Der Begriff „schwer entflammbar“ wird hier wie folgt umschrieben: „Eigenschaft einer Flüssigkeit, die vorgeschriebene Schwerentflammbarkeit nach einem oder mehreren genormten Prüfverfahren erfüllt“. In der ISO 5598 Fluidtechnik-Vokabular wird die Schwerentflammbarkeit einer Hydraulikflüssigkeit wie folgt umschrieben: „Hydraulikflüssigkeit, die schwer zu zünden ist und die eine geringe Neigung zur Flammenausbreitung zeigt“. Es bleibt festzuhalten, dass die Eigenschaft der Schwerentflammbarkeit einer Hydraulikflüssigkeit von Flüssigkeit zu Flüssigkeit sehr unterschiedlich sein kann. Lediglich der Umstand, dass sie schlechter brennt oder sich schlechter entzünden lässt, macht sie schon zu einer schwer entflammbaren Flüssigkeit. Das Bild 4 gibt einen Anhalt, von welchem Grad der Schwerentflammbarkeit für die verschiedenen Zusammensetzungen auszugehen ist. Es zeigt aber auch deutlich, dass die Spanne der Eigenschaft schwer entflammbar von nicht brennbar bis etwas schwerer entflammbar als Mineralöl reicht.

Verwendung schwer entflammbarer Hydraulikflüssigkeiten

Die gesetzliche Forderung zur Verwendung von schwer entflammbaren Hydraulikflüssigkeiten mit bestimmten Eigenschaften war in vielen Bereichen vor der Deregulierung, also der Abschaffung bzw. Vereinfachung staatlicher Vorschriften, zu finden. So mussten bis zum 24. Oktober 2017 im Steinkohlenbergbau entsprechend der Bergverordnung zum gesundheitlichen Schutz der Beschäftigten (GesBergV a.F.) Hydraulikflüssigkeiten hinsichtlich der Schwerentflammbarkeit in Abhängigkeit vom vorgesehenen Verwendungszweck vorgegebene Grenzwerte, die über Brandprüfungen nachgewiesen werden mussten, erreichen, um eingesetzt werden zu dürfen (12). Auch mussten die Hydraulikflüssigkeiten von den Bergämtern zugelassen werden. In der DGUV-Regel 113-020 Hydraulik-Schlauchleitungen und Hydraulik-Flüssigkeiten – Regeln für den sicheren Einsatz (13) wird heute im Abschnitt Brandschutz ausgeführt, dass für besondere Anwendungsfälle schwer entflammbare Hydraulikflüssigkeiten verfügbar und nach DIN EN ISO 12922 (9) genormt sind und ggf. schwer entflammbare Hydraulikflüssigkeiten einzusetzen sind. Vorgaben, welche konkreten Eigenschaften die Flüssigkeiten haben müssen, werden nicht gemacht. Für den sicheren Betrieb sind heute der Hersteller von Maschinen und der Betreiber von Maschinen verantwortlich. Der Hersteller muss eine sichere Maschine u.a. gemäß der Richtlinie 2006/42/EG (Maschinenrichtlinie) in Verkehr bringen (14). Der Betreiber einer Maschine muss u.a. gemäß der Rahmenrichtlinie Verhütung berufsbedingter Gefahren 89/391 / EG (15) die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer gewährleisten. In beiden Fällen kann der Einsatz von schwer entflammbaren Hydraulikflüssigkeiten die Sicherheit erhöhen.

Um heute diesen Anforderungen auf der Betreiberseite nachzukommen, sind für den Einsatz von Maschinen mit Hydraulikflüssigkeiten Gefährdungsbeurteilungen auch zum Thema Brandschutz zu erstellen. Im Anhang C der CEN/TR 14489 (11) sind Beispiele zu Verfahren der Beurteilung des Brandrisikos für Druckflüssigkeiten aufgeführt. Über eine Risikobeurteilung wird hier gezeigt, wie für eine Maschine unter spezifischen Umständen die Sicherheit durch Treffen einer Reihe von Brandschutz-

the employees according to the framework directive Prevention of Occupational Hazards 89/391 / EC (15). In both cases, the use of flame-retardant hydraulic fluids can increase safety.

In order to meet these requirements on the operator's side today, risk assessments must also be drawn up on the subject of fire protection for the use of machines with hydraulic fluids. Appendix C of CEN/TR 14489 (11) contains examples of fire risk assessment procedures for hydraulic fluids. A risk assessment is used here to show how safety can be achieved for a machine under specific circumstances by taking a number of fire protection measures. In addition to the flammability of the hydraulic fluid, the possibilities of preventing fluid leakage, the presence or avoidance of ignition sources and the presence of extinguishing systems are also taken into account. Possible fire hazards can be

- ignition of flammable vapors resulting from pressurized fluids;
- ignition of pressurized fluids that escape from hydraulic systems as a spray jet under high pressure;
- ignition of pressurized fluids that leak from hydraulic systems and hit a hot surface;
- ignition of pressurized fluids that are absorbed by absorbent material such as insulation or combustible dust and subsequently propagate along the absorbent material; or
- ignition of a liquid bath or pool.

The test methods to be applied for assessing the flammability of the hydraulic fluid take into account the above-mentioned fire hazards.

Appendix B of CEN/TR 14489 (11) describes the test methods to be applied for the determination of flammability. These test methods, standardized by ISO or CEN, are available for assessing the suitability of a fluid for a specific application.

Test methods involving ignition tests on a spray of the liquid under defined conditions have been developed to describe the fire hazard caused by the ignition of a spray of the liquid.

- EN ISO 15029-1 Determination of ignition properties of spray jets of hardly flammable liquids – Part 1: Afterburning time of the spray jet with flame, hollow cone jet method (16).
- ISO 15029-2 Determination of ignition properties of sprays of flame-retardant liquids – Part 2: Heat release of a stabilized flame (17).

Further test methods are

- DIN EN ISO 14935 Determination of the afterburning time on a wick (18); and
- DIN EN ISO 20823 Determination of flammability characteristics of liquids in contact with hot surfaces (19).

Spray jet ignition test – heat emission of a stabilized flame

In this test (17), the fire hazard is assessed in three evaluations. The hydraulic fluid sprays out under pressure and is ignited by a pilot flame. The first parameter is the flammability index RI, which is a measure of the heat emission of the burning fluid and is determined by the ratio between the temperature of the supply and exhaust air with and without the hydraulic fluid under

maßnahmen ermöglicht werden kann. Neben der Brennbarkeit der Hydraulikflüssigkeit fließen u.a. die Möglichkeiten der Vermeidung des Flüssigkeitsaustritts, das Vorliegen bzw. Vermeiden von Zündquellen und das Vorhandensein von Löschanlagen ein. Mögliche Brandgefahren können sein:

- Entzündung entflammbarer Dämpfe, die aus Druckflüssigkeiten entstehen,
- Entzündung von Druckflüssigkeiten, die als Sprühstrahl unter hohem Druck aus hydraulischen Systemen austreten,
- Entzündung von Druckflüssigkeiten, die durch Leckagen aus hydraulischen Systemen austreten und auf eine heiße Oberfläche treffen,
- Entzündung von Druckflüssigkeiten, die von absorbierendem Material wie Isolierungen oder brennbarem Staub aufgenommen werden und sich nachfolgend entlang des absorbierenden Materials fortpflanzen oder
- Entzündung eines Flüssigkeitsbades oder einer Lache.

Die anzuwendenden Prüfverfahren für die Einschätzung der Brennbarkeit der Hydraulikflüssigkeit berücksichtigen die o.g. Brandgefahren.

Im Anhang B zur CEN/TR 14489 (11) werden die Prüfverfahren zur Bestimmung der Schwerentflammbarkeit beschrieben. Diese Prüfverfahren, die von ISO oder CEN genormt wurden, stehen für die Bewertung der Eignung einer Flüssigkeit für eine bestimmte Anwendung zur Verfügung.

Prüfverfahren, die Zündversuche an einem Sprühstrahl der Flüssigkeit unter definierten Bedingungen beinhalten, sind entwickelt worden, um die Brandgefahr zu beschreiben, die durch die Entzündung eines Sprühstrahls der Flüssigkeit verursacht wird.

- EN ISO 15029-1 Bestimmung der Zündeigenschaften von Sprühstrahlen schwer entflammbarer Flüssigkeiten – Teil 1: Nachbrennzeit des Sprühstrahls mit Flamme, Verfahren mit Hohlkegelstrahl (16).
- ISO 15029-2 Bestimmung der Zündeigenschaften von Sprühstrahlen schwer entflammbarer Flüssigkeiten – Teil 2: Wärmeabgabe einer stabilisierten Flamme (17).

Weitere Prüfverfahren sind

- DIN EN ISO 14935 Bestimmung der Nachbrennzeit an einem Docht (18) und
- DIN EN ISO 20823 Bestimmung der Entflammbarkeits-Charakteristik von Flüssigkeiten bei Kontakt mit heißen Oberflächen (19).

Sprühstrahl-Zündprüfung – Wärmeabgabe einer stabilisierten Flamme

Bei dieser Prüfung (17) wird die Brandgefahr in drei Bewertungen erfasst. Die Hydraulikflüssigkeit sprüht unter Druck aus und wird an einer Zündflamme gezündet. Der erste Parameter ist der Entflammbarkeitsindex RI, er ist ein Maß für die Wärmeabgabe der brennenden Flüssigkeit und wird durch das Verhältnis zwischen der Temperatur der Zu- und Abluft mit und ohne die zu prüfende Hydraulikflüssigkeit bestimmt. Zusätzlich können die Länge der entstehenden Flamme, ausgedrückt als Flammenlängenindex RL – ein Maß für die Flammenausbreitung – und die bei der Verbrennung entstehende Rauchdichte, ausgedrückt als Rauchindex D,

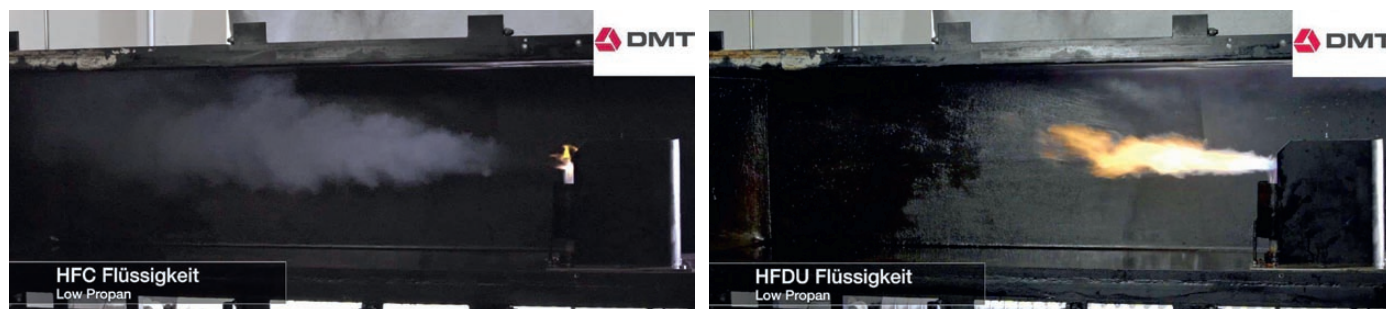


Fig. 5. Test according to ISO 15029-2 "Spray jet ignition test – heat emission of a stabilized flame", comparison of HFC and HFDU liquid.
Bild 5. Prüfung nach ISO 15029-2 „Sprühstrahl-Zündprüfung – Wärmeabgabe einer stabilisierten Flamme“, Vergleich HFC- und HFDU Flüssigkeit.
Photos/Fotos: DMT

test. In addition, the length of the flame produced, expressed as flame length index RL (a measure of flame spread) and the smoke density produced during combustion, expressed as smoke index D, can be measured and used to assess the danger posed by the burning fluid (Figure 5).

Unfortunately, neither EN ISO 12922 (9) nor ISO 15029-2 (10) provides a clear classification scheme or information as to when this test is passed or failed. ISO 15029-2 proposes an alphabetical ranking scheme as shown in Table 2. In this scheme, "A" stands for all parameters for the highest refractory category of the evaluated property. The primary reference is the flammability factor "RI" with the flame length index "RL" and smoke density "D" as secondary factors. Therefore the best possible fire resistance class in this system is A (A / A) and the lowest fire resistance class is H (F / D).

Figure 6 shows exemplary results for the flammability factor "RI" of typical low flammability liquids in comparison to mineral oil. This diagram also clearly shows that the range of the flame-retardant property extends from non-flammable to slightly more flame-retardant than mineral oil.

Spray jet ignition test – afterburning time of the spray jet with flame

The heated and pressurized test liquid is sprayed as a hollow cone jet in a defined oil burner nozzle. An oxy-acetylene flame with a defined energy is successively introduced and removed at different points along the spray jet to ignite it (Figure 7).

As a result, the time from the removal of the pilot flame to the extinction of the ignited spray jet is measured. The test result is the afterburn time with flame. The result of the test is the longest determined time as the afterburning time with flame. The definition of low flammability is a yes/no test.

Testing the afterburning time on a wick

The test method with wick according to EN ISO 14935 (18) was found suitable for determining the flame-retardant properties of

gemessen und zur Bewertung der Gefahr durch die brennende Flüssigkeit herangezogen werden (Bild 5).

Leider liefert weder die EN ISO 12922 (9) noch die ISO 15029-2 (10) ein klares Klassifizierungsschema oder Informationen, wann diese Prüfung bestanden wird oder nicht. Die ISO 15029-2 schlägt ein alphabetisches Rangfolgenschema vor, wie in Tabelle 2 gezeigt wird. In diesem Schema steht „A“ für alle Parameter für die am höchsten feuerfeste Kategorie der bewerteten Eigenschaft. Die primäre Referenz ist der Entzündbarkeitsfaktor „RI“ mit dem Flammenlängenindex „RL“ und der Rauchdichte „D“ als sekundäre Faktoren. Daher ist die bestmögliche Feuerwiderstandsklasse in diesem System A (A / A) und die niedrigste Feuerwiderstandsklasse ist H (F / D).

In Bild 6 sind beispielhaft Ergebnisse zum Entzündbarkeitsfaktor „RI“ typischer schwer entflammbarer Flüssigkeiten im Vergleich zu Mineralöl dargestellt. Auch dieses Diagramm zeigt deutlich, dass die Spanne der Eigenschaft schwer entflammbar von nicht brennbar bis etwas schwerer entflammbar als Mineralöl reicht.

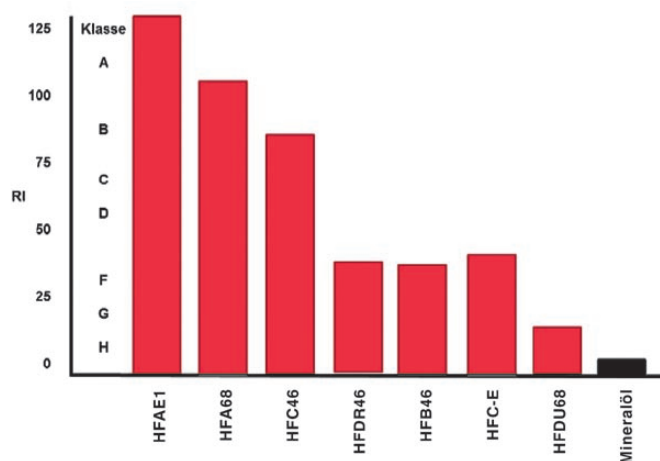


Fig. 6. Comparison of flammability factor "RI" of typical flame-retardant liquids (ISO 15029-2). // Bild 6. Vergleich Entzündbarkeitsfaktor „RI“ typischer schwer entflammbarer Flüssigkeiten (ISO 15029-2).

Category	A	B	C	D	E	F	G	H
RI	> 100	100 – 80	79 – 65	64 – 50	49 – 36	35 – 25	24 – 14	≤ 13
RL	> 100	100 – 56	55 – 51	50 – 11	10 – 7	≤ 6	–	–
D	< 0,01	0,01 – 0,05	0,051 – 0,1	> 0,1	–	–	–	–

Table 2. Classification of hydraulic fluids according to ISO 15029-2. // Tabelle 2. Klassifikation von Hydraulikflüssigkeiten gem. ISO 15029-2.



Fig. 7. Test according to DIN EN ISO 15029-1 "Spray jet ignition test – afterburning time of the spray jet with flame", comparison of HFC and HFDU liquid.
Bild 7. Prüfung nach DIN EN ISO 15029-1 „Sprühstrahl-Zündprüfung – Nachbrennzeit des Sprühstrahls mit Flamme“, Vergleich HFC- und HFDU Flüssigkeit.
Photos/Fotos: DMT

liquids with flames on a wick. A flame is applied to a wick that has been soaked with the liquid to be tested (Figure 8). A small pilot flame is brought into contact with the edge of the tape. After removing the pilot flame, the afterburning time of the tape is measured in seconds. The test is carried out with different times for the application of the pilot flame. The average afterburning time in seconds is calculated from the individual measurements. The highest average value is regarded as the average duration of continued burning.

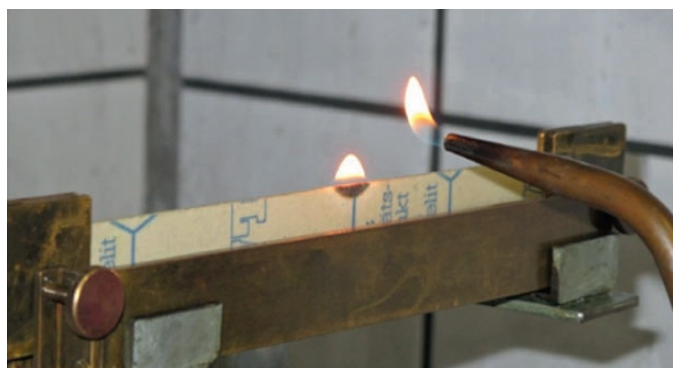


Fig. 8. Test facility according to DIN EN ISO 14935 "Wick test"
Bild 8. Prüfeinrichtung nach DIN EN ISO 14935 „Dochtprüfung“.
Photo/Foto: DMT

Determination of flammability characteristics in contact with hot surfaces

The test method for determining the flammability characteristics of liquids on contact with hot surfaces according to EN ISO 20823 (19) describes the relative flammability of liquids on contact with hot, metallic surfaces at a fixed temperature of the hot surface. By adjusting the surface temperature it is also possible to display the ignition temperature of liquids. The main application is the evaluation of the ignition resistance of flame-retardant pressurized liquids, which by definition are hardly inflammable.

During the test, liquid drips onto a hot surface (Figure 9). It is evaluated whether the liquid burns on the surface when it hits the hot pipe or not. If it burns, an additional evaluation is made as to whether or not it also burns when dropping into a pan below. The characteristic values "N" does not burn on the surface or in the tub, "I(T)" flames/burns on the pipe and "I(D)" flames/burns on the pipe and in the tub are determined.

Sprühstrahl-Zündprüfung – Nachbrennzeit des Sprühstrahls mit Flamme

Die erwärmte und unter Druck stehende Versuchsflüssigkeit wird in einer definierten Ölbrennerdüse als Hohlkegelstrahl versprüht. Eine Acetylen-Sauerstoffflamme mit festgelegter Energie wird der Reihe nach an verschiedenen Stellen entlang dem Sprühstrahl zu dessen Zündung herangeführt und wieder entfernt (Bild 7).

Als Ergebnis wird die Zeit vom Entfernen der Zündflamme bis zum Verlöschen des entflammten Sprühstrahls gemessen. Das Prüfergebnis ist die Nachbrennzeit mit Flamme. Als Ergebnis der Prüfung wird die längste ermittelte Zeit als die Nachbrennzeit mit Flamme angegeben. Die Definition der Schwerentflammbarkeit gilt als Ja/Nein-Prüfung.

Prüfung der Nachbrennzeit an einem Docht

Das Prüfverfahren mit Docht nach EN ISO 14935 (18) wurde als geeignet befunden, die Schwerentflammbarkeit von Flüssigkeiten mit Flammen an einem Docht zu bestimmen. Dabei wird eine Flamme an einen Docht gebracht, der mit der zu prüfenden Flüssigkeit getränkt wurde (Bild 8). Eine kleine Zündflamme wird mit der Kante des Bands in Berührung gebracht. Nach Entfernen der Zündflamme wird die Nachbrenndauer des Bands in Sekunden gemessen. Der Versuch wird mit verschiedenen Zeiten für die Einwirkung der Zündflamme durchgeführt. Aus den Einzelmessungen wird die mittlere Nachbrenndauer in Sekunden berechnet. Der höchste Mittelwert gilt als mittlere Dauer des Weiterbrennens.

Bestimmung der Entflammbarkeits-Charakteristik bei Kontakt mit heißen Oberflächen

Das Prüfverfahren zur Bestimmung der Entflammbarkeits-Charakteristik von Flüssigkeiten bei Kontakt mit heißen Oberflächen nach EN ISO 20823 (19) beschreibt die relative Entflammbarkeit von Flüssigkeiten beim Auftreffen auf heiße, metallische Oberflächen bei einer fest eingestellten Temperatur der heißen Oberfläche. Durch Anpassung der Oberflächentemperatur besteht ebenfalls die Möglichkeit, die Zündtemperatur von Flüssigkeiten anzuzeigen. Die Hauptanwendung besteht in der Bewertung der Zündhemmung schwer entflammbarer Druckflüssigkeiten, welche durch Definition schwer entzündbar sind.

Bei der Prüfung tropft Flüssigkeit auf eine heiße Oberfläche (Bild 9). Es wird bewertet, ob die Flüssigkeit beim Auftreffen auf das heiße Rohr auf der Oberfläche brennt oder nicht. Wenn es brennt, wird zusätzlich bewertet, ob es beim Heruntertropfen in

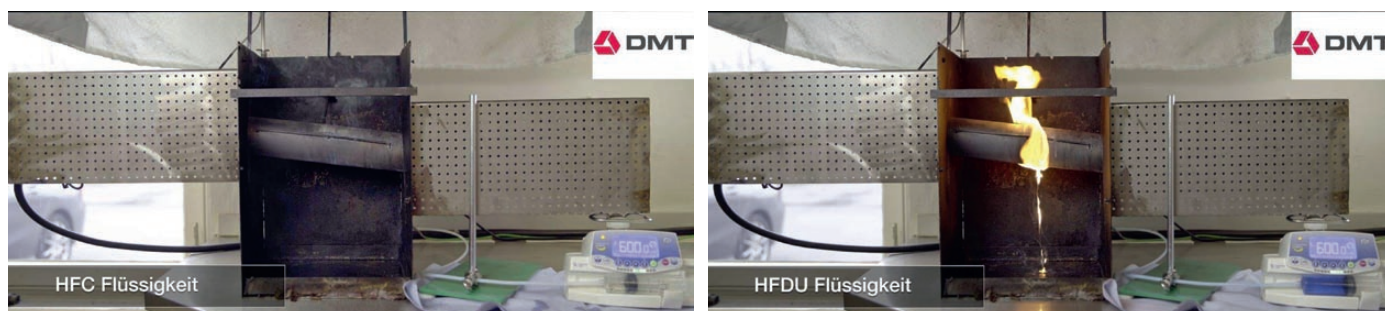


Fig. 9. Test device according to DIN EN ISO 20823 "hot surface", comparison of HFC and HFUD liquid.

Bild 9. Prüfeinrichtung nach DIN EN ISO 20823 „heiße Oberfläche“, Vergleich HFC- und HFUD Flüssigkeit.

Photo/Foto: DMT

Summary

Fire incidents with catastrophic effects often lead to the adaptation of regulations. Due to deregulation, i.e. the abolition or simplification of state regulations, clear requirements for the fire resistance of hydraulic fluids have become rare. Today, it is left to the person placing a machine on the market or the operator of a machine to determine the risks by means of individual hazard assessments and to take countermeasures if necessary. These are then the basis for safety for man and the environment. Knowledge of the fire-technical properties of hydraulic oils is an essential prerequisite for risk assessment. If an unacceptable risk exists, one of the countermeasures for hydraulic systems can be the use of flame-retardant hydraulic fluids. The flame-retardant properties are verified in accredited test laboratories on the basis of mostly international standards.

eine darunter befindliche Wanne ebenfalls brennt. Die Kennwerte „N“ brennt weder auf der Oberfläche noch in der Wanne, „I(T)“ flammt auf/brennt auf dem Rohr und „I(D)“ flammt auf/brennt auf dem Rohr und in der Wanne werden bestimmt.

Zusammenfassung

Brandereignisse mit katastrophalen Auswirkungen führen häufig zur Anpassung von Regelwerken. Durch die Deregulierung, also die Abschaffung bzw. Vereinfachung staatlicher Vorschriften, sind klare Vorgaben an die Schwerentflammbarkeit von Hydraulikflüssigkeiten selten geworden. Es ist dem Inverkehrbringer oder dem Betreiber einer Maschine heute überlassen, über individuelle Gefährdungsbeurteilungen die Risiken zu ermitteln und ggf. Gegenmaßnahmen zu treffen. Diese sind dann Grundlage für die Sicherheit für Mensch und Umwelt. Die Kenntnis über die brandtechnischen Eigenschaften der Hydrauliköle ist für die Gefährdungsbeurteilung zwingende Voraussetzung. Bei Vorliegen eines nicht akzeptablen Risikos kann eine der Gegenmaßnahmen bei hydraulischen Systemen der Einsatz von schwer entflammenden Hydraulikflüssigkeiten sein. Der Nachweis der Schwerentflammbarkeit erfolgt in dafür akkreditierten Prüflaboren auf der Grundlage meist internationaler Normen.

References / Quellenverzeichnis

- (1) <https://en.wikipedia.org/wiki/Rolandmühle>
- (2) https://www.weser-kurier.de/bremen/bremen-stadt_artikel,-rolandmuehle-toedliche-explosion-_arid,1803901.html
- (3) <https://de.wikipedia.org/wiki/Rolandmühle>
- (4) <https://grubenwehr-grubenrettungswesen.jimdofree.com/grubenungluecke/marcinelle/>
- (5) https://de.wikipedia.org/wiki/Brandkatastrophe_der_Gletscherbahn_Kaprun_2
- (6) <https://www.welt.de/geschichte/article129410473/Wie-Oesterreicher-die-Schuld-auf-Deutsche-abwaelzten.html>
- (7) DIN 14011 Feuerwehrwesen – Begriffe, 2019.
- (8) DIN EN 13501-1 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten.
- (9) EN ISO 12922 Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Produkte (Klasse L)-Familie H (Hydraulische Systeme).
- (10) ISO 6743-4 Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L)-Klassifizierung – Teil 4: Familie H (Hydraulische Systeme).
- (11) DIN-Fachbericht CEN/TR 14489 Schwer entflammbare Druckflüssigkeiten – Klassifikation und Spezifikation.
- (12) Gesundheitsschutz-Bergverordnung – GesBergV a. F. vom 31.07.1991.
- (13) DGUV Regel 113-020 Hydraulik-Schlauchleitungen und Hydraulik-Flüssigkeiten – Regeln für den sicheren Einsatz.
- (14) Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung).
- (15) 89/391 EWG Richtlinie des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit.
- (16) EN ISO 15029-1 Mineralölerzeugnisse und verwandte Produkte – Bestimmung der Zündeigenschaften von Sprühstrahlen schwer entflammbarer Flüssigkeiten – Teil 1: Nachbrennzeit des Sprühstrahls mit Flamme, Verfahren mit Hohlkegelstrahl.
- (17) ISO 15029-2 Mineralölerzeugnisse und verwandte Produkte – Bestimmung der Zündeigenschaften von Sprühstrahlen schwer entflammbarer Flüssigkeiten Teil 2: Wärmeabgabe einer stabilisierten Flamme.
- (18) ISO 14935 Mineralölerzeugnisse und verwandte Produkte – Bestimmung der Nachbrennzeit schwer entflammbarer Flüssigkeiten an einem Docht.
- (19) EN ISO 20823 Mineralölerzeugnisse und verwandte Produkte – Bestimmung der Entflammbarkeits-Charakteristik von Flüssigkeiten bei Kontakt mit heißen Oberflächen.

Author / Autor

Dipl.-Ing. Ulrich Hoischen, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger, DMT GmbH & Co. KG, Essen