

Impacts and Implications of Hydraulic Fluids for the Total Cost of Ownership (TCO) of Mining Equipment

According to a recent industry survey, only 25% of mining companies believe that cost savings of more than 10% can be achieved with the right choice of hydraulic oil. 43% of the surveyed companies even question if the use of high-quality lubricating oil can lead to cost savings at all. At the same time, 95% of mining companies claim to have experienced unscheduled machine shut-downs in the last three years, and 56% of these companies have indicated that they are aware that these production stops were due to the wrong choice or poor handling of lubricating oil.

DYNAVIS® technology, developed by Evonik Industries AG, Essen/Germany, was tested in an extensive field study where it was able

to demonstrate an increase in productivity (material moved per liter fuel) of 12.4% and an efficiency increase (fuel consumption per load cycle) of 10.6%. With an estimated savings potential of at least 29.1 m US\$ for mining operations in North America alone, the use of high-quality hydraulic oil can result in significant and previously untapped financial savings. With the implementation of CO₂ tax systems, such as the ones currently introduced in Canada, the potential for cost savings further increases. For mining operators as well as for fleet operators and manufacturers of machines with hydraulic components, a deeper look into the usage and functionality of hydraulic oils is therefore highly recommended.

Die unterschätzte Bedeutung von Hydraulikflüssigkeiten für die Gesamtbetriebskosten (Total Cost of Ownership) von Bergbaumaschinen

Laut einer aktuellen Industrielumfrage glauben nur 25% der befragten Bergbauunternehmen, dass mit der richtigen Wahl des Hydrauliköls Kosteneinsparungen von mehr als 10% erreicht werden können. 43% der Befragten bezweifeln sogar, dass der Einsatz eines höherwertigen Schmieröls überhaupt eine Kosteneinsparung nach sich zieht. Gleichzeitig geben aber 95% der Bergbauunternehmen an, in den vergangenen drei Jahren ungeplanten Maschinenstillstand erfahren zu haben, und 56% der befragten Unternehmen haben erkannt, dass der Produktionsstopp auf die falsche Wahl oder die falsche Handhabung des Schmieröls zurückzuführen ist.

Mithilfe der von Evonik Industries AG, Essen, entwickelten DYNAVIS®-Technologie für Hydrauliköle konnte in einem um-

fangreichen Feldversuch eine Produktivitätssteigerung (bewegtes Material pro Liter Kraftstoff) von 12,4% und eine Effizienzsteigerung (Kraftstoffverbrauch pro Ladezyklus) von 10,6% erzielt werden. Bei einem geschätzten Einsparungspotential für Bergbaubetriebe von mindestens 29,1 Mio. US-\$ allein in Nordamerika durch den Einsatz eines hochwertigen Hydrauliköls bestehen signifikante und bisher ungenutzte Kosteneinsparungspotentiale. Durch die Einführung von CO₂-Besteuerungsregimen, wie z. B. derzeit in Kanada in der Umsetzung, erhöht sich das Potential für Kosteneinsparungen zusätzlich. Ein fundierter Blick hinter die Funktionsweise von Hydraulikölen empfiehlt sich daher für Bergbaubetreiber ebenso wie für Flottenbetreiber und Hersteller von Maschinen mit hydraulischen Komponenten.

Operating a mine in a safe and profitable manner while minimizing waste and CO₂ emissions are clear objectives for mine operators. The challenge of accomplishing these objectives can be exacerbated in extreme climates, such as in Canada's far north. Canada's northern regions hold promising reserves for precious metals, base metals, uranium and diamonds. However, the cost of building and maintaining mines in Canada's North is much higher than for a comparable project in southern Canada. Costs rise due to lack of infrastructure such as roads and electricity, limited or difficult access to the site, e.g. an ice-road only access only available at certain times of the year, the need

Jedes Bergbauunternehmen ist um den sicheren und profitablen Betrieb seines Bergwerks bei gleichzeitiger Minimierung von Abfallprodukten und Emissionen bemüht. Das Erreichen dieser Ziele wird unter extremen klimatischen Bedingungen, wie sie z. B. in Kanadas nördlichen Provinzen und Territorien bestehen, deutlich erschwert. Kanadas Norden verfügt über vielversprechende geologische Reserven an Diamanten, Gold, Silber und anderen Metallen, jedoch sind die Kosten, die mit dem Aufbau und der Wartung der Bergwerke verbunden sind, sehr viel höher als bei vergleichbaren Projekten in südlichen Regionen Kanadas. Durch die fehlende Infrastruktur – Straßen und Stromanschlüsse – eingeschränkten oder erschwerten

to fly-in or haul equipment over large distances, costs for fly-in and fly-out of personnel due to sparse local population, and of course harsh weather conditions that increase the demand for power, which usually is diesel-generated. Located in remote areas, mining operations in northern Canada are most often not connected to the national energy grid and therefore rely on generating electricity on-site with diesel or heavy fuel oil generators. Consequently, operating costs for a mining project in northern Canada are estimated to be 2.5 times higher for base metals and two times higher for gold mines than in other mining regions that have less harsh climates and access to infrastructure (1). Considering that energy costs can account for up to 30 % of the OPEX of a mining project in the North, in comparison to up to 20 % for a mining site in a less remote area, and considering that the most remote project has expenditures six times higher than a comparable project in the least remote area, economizing energy and reducing diesel consumption can be a real game changer, especially but not only in remote regions (2).

Furthermore, machine stand-still and equipment failures can incur significantly higher costs for remote mining operations. Therefore, in addition to energy costs, the total cost of ownership (TCO) bears potential to either exacerbate costs in case of poor maintenance or low quality of the equipment or to provide a source for significant cost savings. An effective, and often overlooked pathway to reducing diesel consumption and the TCO of mining equipment, is to switch to a high performing hydraulic fluid, such as fluids that meet the DYNAVIS® performance standard, established by Evonik Industries' oil additives business line.

Considering that a gold mine in California, which is not located in an extreme climate, was able to generate estimated annual savings of 1.1 m US\$ by switching to a high performing multigrade fluid in only two of its 250 t excavators (3), choosing a high performing hydraulic fluid can play an even more significant role in managing operating costs at remote mine sites. Shell Lubricants estimates an overall savings potential in the North American mining industry of 29.1 m US\$ by switching to high performance multigrade fluids (4).

Unlocking efficiency gains and cost savings in mining operations with high-performing hydraulic fluids

Mining companies generally recognize the cost-saving potential of effective equipment lubrication. However, the full potential not only for fuel savings, but for reducing TCO, taking into account increased equipment productivity, reduced machine down-time, lower maintenance cost due to reduced wear and tear on equipment, and improved oil drain and maintenance intervals, is often still underestimated.

According to an extensive industry survey, 60 % of mining companies believe that cost-savings of >5 % are possible through proper lubricant selection and management, however, only 25 % think that those savings could exceed 10 % and 43 % do not believe that choosing a higher quality lubricant will help reduce maintenance costs. At the same time, 95 % of mining companies reported unplanned machine shutdowns in the last three years, and 56 % acknowledged that these shutdowns have been due to their incorrect selection or management of lubricants¹.

Zugang zum Bergwerk – Eisstraßen sind z.B. nur im Winter bzw. im frühen Frühling befahrbar – die Kosten für das Ein- und Ausfliegen von Personal, bedingt durch die dünne Besiedlung in der Region, und natürlich die extremen Wetterbedingungen, die einen höheren Stromverbrauch verursachen, können die Ausgaben stark ansteigen. Viele Bergwerke sind außerdem nicht mit dem nationalen Stromnetz verbunden und daher auf die Stromerzeugung vor Ort mit diesel- oder schwerölbetriebenen Generatoren angewiesen. Infolgedessen sind Betriebskosten im Norden Kanadas bis zu zweimal (Goldabbau) bzw. zweieinhalbmal (anderer Metallerzabbau) höher als in anderen Regionen Kanadas mit weniger extremen Wetterbedingungen und besserer Infrastruktur (1). Da Stromkosten bis zu 30 % der Betriebskosten eines Bergwerks in einer entlegenen Region ausmachen können – im Vergleich zu 10 bis 20 % in weniger abgelegenen Gegenden – und dass sehr stark abgelegene Projekte in extremen Klimazonen bis zu sechsmal höhere Ausgaben für Stromerzeugung aufweisen können als ein vergleichbares Projekt mit einer guten infrastrukturellen Anbindung, können Einsparungen bei der Diesel- und Stromerzeugung erhebliche finanzielle Auswirkungen haben (2).

Zudem können ausfallende und stillstehende Fahrzeuge und Maschinen besonders in abgelegenen Bergwerken extrem hohe Ausgaben verursachen, da die Beschaffung von Ersatzteilen teuer und oft langwierig ist. Vor diesem Hintergrund können die Gesamtbetriebskosten (Total Cost of Ownership TCO) von Bergbaumaschinen neben den Energiekosten die Gesamtkosten der Bergwerksanlage entweder – im Fall schlechter Wartung und niedriger Qualität des Equipments – weiter nach oben treiben oder eine vielversprechende Quelle von Kosteneinsparungen darstellen. Eine effektive und oft vernachlässigte Möglichkeit, sowohl Einsparungen beim Dieserverbrauch als auch bei den Gesamtbetriebskosten von Bergbaumaschinen zu erzielen, ist der Wechsel zu einem hoch qualitativen Hydrauliköl wie etwa den Ölen, die dem DYNAVIS® Performance Standard entsprechen, der von der Evonik Industries AG, Essen, entwickelt wurde.

Wenn man sich beispielsweise veranschaulicht, dass ein Goldbergwerk in Kalifornien, das nicht mit derart extremen Witterungsbedingungen wie in Kanada zu kämpfen hat, allein durch die Umstellung auf ein leistungsstärkeres Öl in zwei seiner 250 t-Baggern in der Lage war (3), im Jahr Einsparungen von rd. 1,1 Mio. US-\$ zu erzielen, wird deutlich, welche Bedeutung die Wahl des richtigen Multigrade-Hydrauliköls (Mehrbereichs-Hydrauliköl) für die Reduzierung der Betriebskosten haben kann. In der Tat schätzt Shell Lubricants, dass durch die Umstellung auf hochqualitative Multigrade-Hydrauliköle allein in der nordamerikanischen Bergbauindustrie ein Einsparungspotential von insgesamt 29,1 Mio. US-\$ besteht (4).

Effizienzgewinne und Kosteneinsparungen im Bergbau durch den Einsatz hochqualitativer Hydrauliköle

Generell haben Rohstoffunternehmen das Kosteneinsparungspotential basierend auf der Wahl des geeigneten Schmieröls bereits erkannt. Das volle Potential, nicht nur für die Kraftstoffeinsparung, sondern auch für die Senkung der Gesamtbetriebskosten der Maschinen durch Produktivitätssteigerung der Fahrzeuge und Geräte, verringerten Maschinenstillstand und deutlich niedrigere Wartungskosten dank reduzierter Abnutzung und geringerem Verschleiß, wird allerdings immer noch stark unterschätzt.

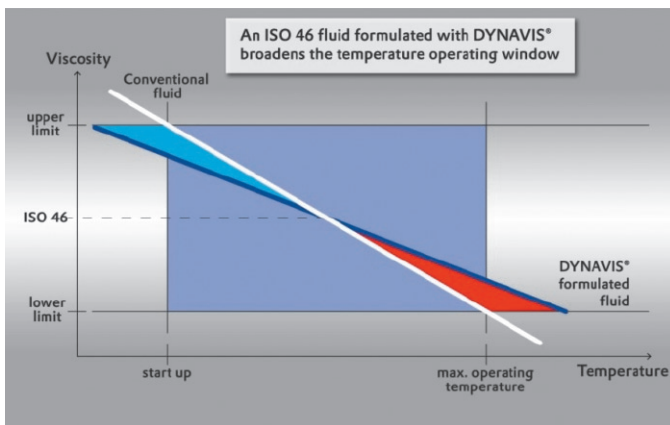


Fig. 1. Broadening the temperature operating window compared to conventional fluids.

Bild 1. Erweiterung des Temperaturbetriebsfensters gegenüber konventionellen Ölen. Source/Quelle: Evonik

How can this discrepancy be explained? Choosing the correct hydraulic fluid depends on a combination of the equipment's design characteristics, operational parameters and environment. Factors like temperature, humidity, dirt and location, i.e. altitude or underground, all pose different challenges for lubrication. OEMs generally define the minimum requirements for lubricants or greases. However, not all products that meet these standards deliver the same level of performance. Therefore, the Oil Additives business line of Evonik Industries AG, Essen/Germany, a market leader in the development of specialty chemicals, has been working towards setting a higher industry standard with its registered and patented DYNAVIS® technology.

Based on the mathematical modelling of the flow mechanics and thermodynamics of hydraulic circuits and validated in the lab and in field tests, hydraulic fluid formulated according to DYNAVIS® performance standard was able to significantly improve not only the fuel efficiency of mobile mining equipment but also the productivity of the machine, which translates into more work being performed in the same amount of time. High quality multi-grade hydraulic fluids, such as those formulated according to the DYNAVIS® performance standard, achieve these improvements by broadening the temperature operating window (Figure 1) and delivering more constant viscosity even under extreme shear stress.²

Increasing productivity while saving fuel

In a comprehensive performance demonstration conducted under extreme heat in a coal mine in Ranchi/India, the application of DYNAVIS® formulated fluid showed promising results with respect

¹ The survey was conducted by independent research firm Edelman Intelligence, commissioned by Shell Lubricants, and is based on 181 interviews with Mining sector staff who purchase, influence the purchase or use lubricants/greases as part of their job across eight countries (Brazil, Canada, China, Germany, India, Russia, UK, US) from November to December 2015.

² In comparison to monograde hydraulic oil, the hydraulic oil according to the DYNAVIS® performance standard contains a certain percentage of viscosity index improver which guarantees an optimal performance in a wider temperature operating range, which is expressed by the high viscosity index (VI) of >160 and a high shear stability.

Laut einer umfassenden Industriebefragung sind 60% der Bergbauunternehmen davon überzeugt, dass die Wahl und die richtige Handhabung des geeigneten Schmieröls mit einem Kosteneinsparungspotential >5% verbunden ist. Jedoch glauben nur 25%, dass diese Kosteneinsparungen 10% überschreiten könnten. 43% der Befragten bezweifeln zudem, dass der Einsatz eines höherwertigen Schmieröls überhaupt eine Kosteneinsparung nach sich zieht. Gleichzeitig geben aber 95% der Bergbauunternehmen an, in den vergangenen drei Jahren ungeplante Maschinenstillstände erlebt zu haben, und 56% der befragten Unternehmen haben erkannt, dass der Produktionsstopp auf die falsche Wahl oder die falsche Handhabung des Schmieröls zurückzuführen ist ¹.

Wie kann diese Diskrepanz begründet werden? Die Wahl des geeigneten Hydrauliköls hängt von einer Kombination spezifischer Betriebsparameter, Umweltbedingungen und Konstruktionsmerkmalen der Fahrzeuge und Geräte ab. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Verunreinigungen und Bergbauart (über oder unter Tage, aber auch Höhenlage) stellen weitere Herausforderungen an Hydrauliköle dar. Zulieferunternehmen von hydraulischen Fahrzeugen (OEMs) legen in der Regel die minimalen Anforderungen für Schmieröle fest. Nicht alle Produkte, die den Marktansforderungen entsprechen, können jedoch auch das liefern, was sie versprechen. Aus diesem Grund setzt sich die Evonik Oil Additives GmbH mit ihrer registrierten und patentierten DYNAVIS®-Technologie für die Durchsetzung und Einhaltung eines höheren Industriestandards ein. Die Evonik Oil Additives GmbH ist eine Geschäftssparte der Evonik Industries AG und einer der Marktführer in der Entwicklung spezialchemischer Produkte.

Das entsprechend dem DYNAVIS® Performance Standard formulierte Hydrauliköl, dessen Entwicklung auf der mathematischen Modellierung von Strömungsmechanik und Thermodynamik basiert, und welches im Labor sowie unter realistischen Bedingungen in mehreren Feldversuchen seine Effektivität unter Beweis gestellt hat, ist in der Lage, nicht nur die Kraftstoffeffizienz der Fahrzeuge, sondern auch die Produktivität der Maschinen, welche sich durch mehr geleistete Arbeit in der gleichen Zeitspanne ausdrückt, signifikant zu erhöhen. Mehrbereichs-Hydrauliköle, wie sie nach dem DYNAVIS® Performance Standard formuliert sind, erreichen diese Effizienz- und Produktivitätssteigerung durch die Erweiterung des Temperaturbetriebsfensters (Bild 1), was eine konstantere Viskosität auch unter extremen Temperaturbedingungen ermöglicht.²

Steigerung der Produktivität bei gleichzeitiger Kraftstoffeinsparung

In einer umfassenden Performance-Demonstration, die unter ex-

¹ Die Umfrage wurde von November bis Dezember 2015 von der unabhängigen Forschungsfirma Edelman Intelligence durchgeführt, die von Shell Lubricants beauftragt wurde und basiert auf 181 Befragungen von Bergbauunternehmen, die den Kauf oder den Einsatz von Schmierstoffen/Fetten als Teil ihrer Arbeit in acht verschiedenen Ländern betreiben (Brasilien, Kanada, China, Deutschland, Indien, Russland, Großbritannien, USA).

² Im Vergleich zu Monograde-Hydrauliköl enthält das dem Dynavis Performance Standard entsprechende Hydrauliköl einen Viskositätsindex-Verbesserer, der eine optimale Leistung in einem breiteren Temperaturbereich gewährleistet. Der hohe Viskositätsindex (VI) zeichnet sich durch eine Viskosität >160 aus.

to increased overall machine productivity³. While trips with the reference fluid measured an average of 10.8 t/l, DYNAVIS[®] formulated fluid could move 12.2 t/l, an increase in efficiency of 12.4%⁴. A boost in efficiency was not the only measurable improvement during the study. By using the DYNAVIS[®] formulated hydraulic fluid, the excavator was able to work more agile, leading to a more efficient and rapid loading of the trucks and therefore enhancing the trip cycle of the trucks. Consequently, more trips were done with lower specific fuel consumption. The excavator using the DYNAVIS[®] formulated hydraulic fluid showed a ratio of 6.7 l/trip, while the excavator using the reference oil demonstrated an average ratio of 7.4 l/trip of fuel consumption, resulting in an improvement of 10,6%.

Considering that the fuel used for on-site haulage in a mine site operation can exceed 50% of the total energy costs, there is potential for significant financial savings (5). Consequently, cutting down on up to 10% diesel consumption in remote mining sites can provide savings in the million-dollar range (6).

Reducing CO₂ emissions is becoming a critical cost factor

Another increasingly important aspect to consider is that burning less fuel translates into fewer carbon dioxide (CO₂) emissions. With carbon taxing being implemented nationwide in Canada by early 2020, companies are further encouraged to reduce diesel fuel consumption and consequently CO₂ emissions⁵. Following Alberta's model, the Canadian government has proposed to set a floor price for its nationwide carbon tax system at 10 CAD\$/t and increase it to 50 CAD\$/t by 2022 (7).

Given that a 5,000 t ore producing open-pit mine consumes around 5,000 l diesel fuel per day for mining equipment, pumps, vehicles and electricity generation, and that one liter of burnt diesel emits around 2.7 kg CO₂, one open-pit mine can produce 13,5t/d of CO₂, which adds up to about 4,950 t/a of CO₂ (8).

According to field test results Evonik Industries conducted with DYNAVIS[®] formulated hydraulic fluid on a single excavator

tremer Hitze in einem Kohlebergwerk im indischen Ranchi durchgeführt wurde, zeigte die Anwendung der DYNAVIS[®]-formulierten Flüssigkeiten in Bezug auf die Produktivität der Maschinen vielversprechende Resultate.³ Während die Bagger auf Fahrten mit der Referenzflüssigkeit durchschnittlich 10,8 t/l bewegten, konnten Fahrten mit der DYNAVIS[®]-Flüssigkeit 12,2 t/l bewegen, was einer Effizienzsteigerung von 12,4% entspricht.⁴ Die Steigerung der Effizienz war jedoch nicht das einzige positive Ergebnis des Ölwechsels, das während der Feldstudie erzielt worden ist. Das eingesetzte DYNAVIS[®]-Hydrauliköl ermöglichte es dem Bagger, bei reduziertem Kraftstoffverbrauch agiler und wendiger zu arbeiten, was zu einem effizienteren und schnelleren Beladen der Großmuldenkipper und somit zu einem verbesserten Fahr- und Ladezyklus der Fahrzeuge führte. Folglich wurden mehr Fahrten bei geringerem Kraftstoffverbrauch durchgeführt. Der Bagger mit der DYNAVIS[®]-formulierten Hydraulikflüssigkeit wies einen spezifischen Kraftstoffverbrauch von 6,7 l pro Fahrt auf, während der Bagger mit der Referenzflüssigkeit einen durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von 7,4 l pro Tour aufwies. Dies entspricht einer Einsparung von 10,6%.

Wenn man berücksichtigt, dass der im Bergwerk verbrauchte Kraftstoff etwa 50% der gesamten Energiekosten eines Bergbaubetriebs übersteigen kann, gibt es hier Anzeichen für signifikante finanzielle Einsparungspotentiale (5). Die Reduzierung von bis zu 10% des Kraftstoffverbrauchs in abgelegenen Bergbauprojekten kann eine Kostenersparnis von mehreren 100 Mio. US-\$ bedeuten (6).

Die Reduzierung der CO₂-Emissionen wird zu einem kritischen Kostenfaktor

Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt ist, dass eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs auch eine Verminderung der Kohlenstoffdioxid-Emissionen (CO₂) mit sich bringt. Da die CO₂-Besteuerung in Kanada bis Anfang 2020 landesweit implemen-

³ For the performance demonstration, a large excavator weighing 111 t and powering 567 kW engine output was monitored under standard working conditions during a 19-shift period, digging 75 to 85 t of material for each truck trip, summing up to 40.000 t of material moved and 450 truck trips during the whole course of the field study.

⁴ In order to not falsify the t/l ratio caused by machine still stand, measurements were only done when an installed pressure sensor at the pump outlet recorded a pump pressure above 3 bar, meaning that the excavator was digging and moving material. Measurements under same mining conditions were also run with the previously used reference fluid (A: ISO46, VI: 150) prior and after the test with DYNAVIS[®] hydraulic oil (B), following an A/B/A scheme.

⁵ As of now, four states in Canada have already implemented a carbon tax system. Alberta's price on emissions started at 20 CAD\$/t of CO₂ in January 2017 and will increase to 30 CAD\$/t by early 2018. While British Columbia (23 CAD\$/t) already uses a similar carbon tax system since 2008, Ontario and Quebec have a cap-and-trade system, which limits emissions for big emitters or forcing them to buy credits from those whose emissions are lower than the cap. For those provinces and territories which have not yet implemented an environmental policy tool against their CO₂ emissions, the federal government offers the choice between introducing either a carbon tax system or a cap-and-trade scheme.

³ Für die Performance-Demonstration wurde ein Großbagger mit einem Gewicht von 111 t und einer Motorleistung von 567 kW unter normalen Arbeitsbedingungen während eines 19-Schicht-Zeitraums überwacht. Für jede Fahrt wurden 75 bis 85 t Material beladen, was sich auf eine Menge von insgesamt 40.000 t Material und 450 Lkw-Fahrten während der gesamten Feldstudie summierte.

⁴ Um das Tonnen/Liter-Verhältnis durch Maschinenstillstand nicht zu verfälschen, wurden Messungen nur durchgeführt, wenn ein installierter Drucksensor am Pumpenausgang einen Pumpendruck von mehr als 3 bar verzeichnete. Der Bagger war also aktiv und bewegte Material. Messungen unter den gleichen Bedingungen wurden auch mit dem zuvor verwendeten Referenzfluid (A: ISO46, VI: 150) vor und nach dem Test mit DYNAVIS[®] Hydrauliköl (B) nach einem A/B/A-Schema durchgeführt.

⁵ Stand jetzt haben vier Staaten in Kanada bereits ein CO₂-Steuersystem eingeführt. Die Besteuerung auf Emissionen in Alberta begann im Januar 2017 bei 20 CAD-\$/t CO₂ und wird bis Anfang 2018 auf 30 CAD-\$/t ansteigen. Während British Columbia (23 CAD-\$/t) bereits seit dem Jahr 2008 ein ähnliches CO₂-Steuersystem verwendet, besitzen Ontario und Quebec ein sogenanntes Cap-and-Trade-System, das die Emissionen für große Emittenten begrenzt oder sie zwingt, Kredite von denen zu kaufen, deren Emissionen niedriger sind als die Obergrenze (Cap). Für die Provinzen und Territorien, die noch kein umweltpolitisches Instrument gegen ihre CO₂-Emissionen eingeführt haben, bietet die kanadische Regierung die Wahl zwischen der Einführung eines CO₂-Steuersystems oder eines Cap-and-Trade-Systems.

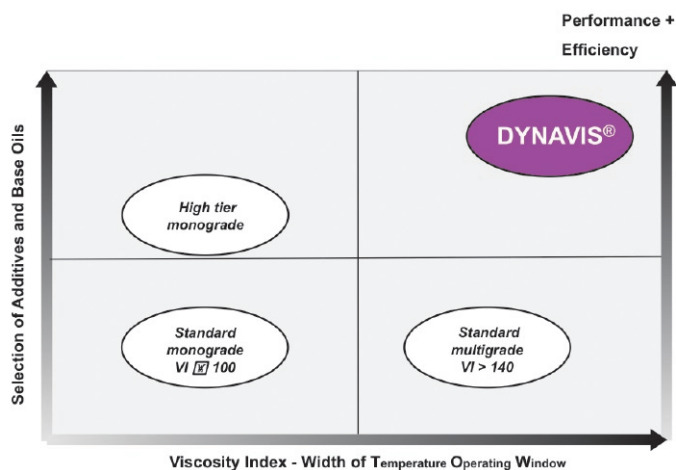


Figure 2. Advantages of DYNAVIS® formulated fluids.
 Bild 2. Vorteile von DYNAVIS® formulierten Hydraulikölen.
 Source/Quelle: Evonik

over a drain interval of 4,000 h. A single excavator using a fluid formulated according to DYNAVIS® technology uses 3,300 fewer gallons (13,000 fewer litres) of fuel. This translates to 33.3 t of reduced CO₂ emissions per drain interval for a single excavator.

Considering what Jim O'Rourke, CEO of Copper Mountain, stated in a recent CIM Magazine article: His copper mine with 22 trucks and requiring 30 m l/a diesel, generates carbon-tax expenses of annually 2.3 m CAD\$ (1.5% of his total budget). These costs are projected to rise to 3.8 m CAD\$ by 2020 (9). Although lubricants obviously will not solve the carbon conundrum alone, they can play a role in mitigating rising operational costs. Note too that the total economic impact is even larger when the additional operating cost savings resulting from the increased productivity are included in the savings calculation.

Reliable hydraulic performance in a wide range of temperatures

By using monograde oils or low-performing multigrade oils there is an increased risk of rising oil temperatures during operation, resulting in faster degradation of the oil, filter blocking, valve sticking and sludge build-up. Increased wear and risk of cavitation (air pockets) can lead to equipment damage, premature failure and replacement of components, loss of operating precision, excessive noise, increased maintenance, and expensive downtime.

The key differentiator of high-quality hydraulic fluids to lower quality oils is improved shear stability and improved performance especially at lower temperatures (Figure 2) and the ability of the oil to provide improved viscosity control under extreme conditions. This means, at engine start-up, particularly in cold climates, the oil remains thin enough to circulate quickly to protect critical components. After a cold start-up, the viscosity index improver components then have to ensure that the hydraulic oil retains correct viscosity when the oil temperature increases. Once the

tiert wird, werden die Unternehmen angehalten sein, künftig den Kraftstoffverbrauch und damit die CO₂-Ausstöße weiter zu senken.⁵ Dem Vorbild der kanadischen Provinz Alberta folgend hat die kanadische Regierung vorgeschlagen, den Mindestpreis für ein bundesweites CO₂-Steuersystem bei 10 CAD-\$/t festzulegen und diesen bis zum Jahr 2022 auf 50 CAD-\$/t zu erhöhen (7).

Ein Tagebaubetrieb mit einer Fördermenge von 5.000 t Erz pro Tag verbraucht täglich durchschnittlich 5.000 l Diesel für den Betrieb der Fahrzeuge und weiterer Gerätschaften wie Pumpen und dieselbetriebene Stromerzeuger. Angesichts der Tatsache, dass ein Liter verbrannter Diesel ca. 2,7 kg CO₂ produziert, setzt ein typischer Tagebau ca. 13,5 t/d CO₂ in die Atmosphäre frei, was sich zu insgesamt 4.950 t/a CO₂ akkumuliert (8).

Laut den Resultaten der von Evonik Industries mit der DYNAVIS®-Hydraulikflüssigkeit durchgeführten Feldstudie kann ein einziger Bagger innerhalb eines 4.000-stündigen Ölwechselintervalls bis zu 13.000 l Kraftstoff einsparen. Dies entspricht 33,3 t weniger CO₂-Ausstoß pro Ölwechselintervall für einen einzigen Bagger.

Die vor kurzem getätigte Aussage von Jim O'Rourke, Vorstandsvorsitzender von Copper Mountain, im CIM Magazine bestätigt den realen Kostendruck durch die Besteuerung von CO₂-Emissionen. Seine Kupfermine mit 22 Muldenkippern verbraucht 30 Mio. l Diesel im Jahr und erzeugt somit CO₂-Kosten von 2.3 Mio. CAD-\$/a, was 1,5% des Gesamtbudgets entspricht. Diese Kosten werden sich im Jahr 2020 auf bis zu 3.8 Mio. CAD-\$/ erhöhen, wenn die geplante Steuer entsprechend umgesetzt wird (9).

Obwohl Schmieröle das Problem der Kohlenstoffemissionen offensichtlich nicht allein lösen werden, können sie eine wichtige und bisher unterschätzte Rolle bei der Reduzierung der Betriebskosten spielen. Dieses Einsparungspotential wird noch deutlicher, wenn auch die zusätzlichen Betriebskosteneinsparungen aufgrund der gesteigerten Produktivität der Maschinen eingerechnet werden.

Zuverlässige hydraulische Leistung in weiten Temperaturbereichen

Durch den Einsatz leistungsschwacher Multigrade- und Monograde-Hydrauliköle besteht das Risiko von erhöhten Temperaturen im laufenden Betrieb, was zu einer Verschlechterung des eingesetzten Öls, zu Oxidation, Ölschlamm- und Filter- und Ventilblockaden oder gar zu einem erhöhten Verschleiß führen kann. Der damit einhergehende höhere Verbrauch an Hydrauliköl bewirkt zudem Fahrzeugschäden, die zu einem vorzeitigen Ausfall von Bauteilen, einer Minderung der Maschinenpräzision, zu übermäßigem Rauschen, erhöhten Wartungsarbeiten und teuren Ausfallzeiten führen kann.

Der wesentliche Unterschied zwischen einer hochwertigen Mehrbereichs-Hydraulikflüssigkeit und einem handelsüblichen Hydrauliköl ist die Eigenschaft einer verbesserten Viskositätskonstanz unter extremen Betriebsbedingungen (Bild 2). Dies zeigt sich besonders beim Anlassen des Motors in kalten Regionen.

⁶ Based on the United States Environmental Protection Agency's standard for CO₂ production of 10.08 kg/gallon diesel; see: <http://www.epa.gov/otaq/climate/42of05001htm#calculating>

⁶ Basierend auf den United States Environmental Protection Agency's Standard für CO₂-Produktion von 10.08 kg/Gallone Diesel; siehe: <http://www.epa.gov/otaq/climate/42of05001htm#calculating>

Performance Requirement	Comments	Units	Limit	Limit	Limit
ISO Viscosity Grade	New Oil HVLP	ISO VG	32	46	68
Viscosity Index	New Oil HVLP	–		> 160	
Shear Stability	Minimum KV ₁₀₀ after shear	mm ² /s (cSt)	>5.9	>7.5	>10.0
Guaranteed Energy Savings - Denison T6C Vane Pump	vs. Hydraulic monograde fluid, same ISO VG, VI=100	%		>3.5*	

* Guaranteed energy savings with ISO VG 46 > 5%

Table 1. Excerpt of the DYNAVIS® Performance Standard.
Tabelle 1. Auszug aus dem DYNAVIS® Performance Standard.
Source/Quelle: Evonik

engine is operating under full load and the oil is heated to temperatures of up to 90 °C, it then needs to remain thick enough and provide the necessary protection to help prevent abrasive wear. This ability to operate in a larger temperature window is described as high Viscosity Index (VI). In addition, viscosity modifiers rely on special polymers to improve shear stability of the hydraulic fluid, which helps to avoid breaking of the lubrication film and consequently metal-to-metal contact. While long chain polymers guarantee effective thickening of the hydraulic fluid, short chain polymers provide high shear stability.

Therefore, with an improved viscosity index, a high-quality multigrade hydraulic fluid enables equipment to work harder (improved productivity), improves machine maneuverability, while extending machine life and oil drain intervals and therefore allowing less time and money to be spent on maintenance and improving safety on-site through reduced man-machine contact. It is important to note that multigrade hydraulic fluids that do not fulfill the minimum requirements as prescribed by the DYNAVIS® performance standard (DPS) do not provide these advantages (10).

Therefore, switching to a high performing hydraulic fluid, such as fluids formulated according to DYNAVIS® performance standard (Table 1), can help unlock productivity gains and help mining companies reduce overall operating costs. Good lubrication management can contribute to mining companies positioning themselves to meet stakeholder demands for more environmentally conscious operating procedures and practices.

References / Quellenverzeichnis

- (1) <https://www.thestar.com/business/2015/05/05/mining-far-more-expensive-in-canadas-north-report.html>
- (2) Soerensen, A. M., Hillig, T.: Requirements Related to Renewable Energy Solutions for the Mining Sector / Anforderungen an den Einsatz erneuerbarer Energien im Bergbau. In: Mining Report Glückauf 152 (2016) Heft 6, S. 497 – 503.
- (3) <http://www.mining.com/web/us1-1-million-saving-mining-company-mobil-dte-10-excel/>
- (4) <http://www.miningmagazine.com/management/maintenance/impact-of-lubrication-on-tco-underestimated/>
- (5) <https://www.marsdd.com/news-and-insights/energy-savings-in-mining-big-trucks-bigger-opportunities/>
- (6) Soerensen, A. M., Hillig, T.: Requirements Related to Renewable Energy Solutions for the Mining Sector / Anforderungen an den

Das Öl ist bei Kälte immer noch fließfähig genug, um schnell zirkulieren und kritische Komponenten schützen zu können. Nach dem Kaltstart muss der Viskositätsindex-Verbesserer (VII) sicherstellen, dass das Hydrauliköl bei steigender Betriebs- und Maschinentemperatur die geeignete Viskosität beibehält. Sobald der Motor unter voller Last betrieben wird und die Öltemperatur auf 90 °C steigt, sollte es immer noch dickflüssig genug sein, um den nötigen Schutz vor Maschinenverschleiß zu gewährleisten. Die Fähigkeit, in einem größeren Temperaturfenster einsetzbar zu sein, wird durch einen hohen Viskositätsindex (VI) beschrieben. Darüber hinaus ist der VII mithilfe spezieller Polymere so aufgebaut, dass zusätzlich die Scherstabilität der Hydraulikflüssigkeit verbessert wird, wodurch ein Reißen des Schmierfilms und folglich der Metall-Metall-Kontakt vermieden wird. Die Scherstabilität und der Viskositätsindex sind daher entscheidend für die Leistungsfähigkeit des Öls.

Ein Multigrade-Hydrauliköl mit einem höheren Viskositätsindex ermöglicht also einen leistungsintensiveren Einsatz der Fahrzeuge und Gerätschaften und führt zu einer Produktivitätssteigerung, reduzierten Ölwechselintervallen und einer Verbesserung der Maschinendynamik bei gleichbleibender oder meist sogar steigender Lebensdauer der Maschine. Dies bedeutet weniger Kosten für sonst notwendige Wartungsarbeiten. Durch die daraus resultierende Minderung des Mensch-Maschinen-Kontakts ist zudem von einer erhöhten Betriebssicherheit vor Ort auszugehen. Es ist wichtig zu beachten, dass Multigrade-Hydraulikflüssigkeiten, die die vom DYNAVIS®-Leistungsstandard (DPS) vorgeschriebenen Mindestanforderungen nicht erfüllen, diese Vorteile nicht bieten können (10).

Die Umstellung auf eine hochleistungsfähige Hydraulikflüssigkeit, wie sie z.B. nach dem DYNAVIS®-Leistungsstandard (Tabelle 1) formuliert sind, kann vor diesem Hintergrund dazu beitragen, weitere Produktivitätsgewinne zu erzielen und den Bergbauunternehmen zu helfen, die Gesamtbetriebskosten signifikant zu senken. Die Wahl des richtigen Schmier- und Hydrauliköls ermöglicht es Bergbauunternehmen, die Erwartungen der verschiedenen Interessenvertreter an ein umweltbewusstes Betriebsverfahren zu erfüllen.

Einsatz erneuerbarer Energien im Bergbau. In: Mining Report Glückauf 152 (2016) Heft 6, S. 497 – 503.

- (7) <http://www.canadianenergylaw.com/tags/carbon-tax/>
- (8) <http://costs.infomine.com/costdatacenter/miningcostmodel.aspx>
- (9) <http://magazine.cim.org/en/environment/the-carbon-conundrum>
- (10) <http://formulators.dynavis.com/cms/formulators/en/hydraulic-fluid-performance/performance-standard/pages/default.aspx>

Author / Autor

Aarti Mona Soerensen, Competence Center for Mining and Mineral Resources of the Canadian German Chamber of Industry and Commerce Inc., Toronto/Canada