

Smarter Mining – Machine Maintenance by Epiroc

Advances in the operating life and durability of plant and machinery also mean higher maintenance and repair costs due to greater wear and tear. Parts increasingly have to be replaced or repaired as a result. At the same time the true value of the machine will fall as it becomes older. Many companies are therefore repeatedly faced with having to decide whether it is worth repairing a machine or having it overhauled, or instead opting to purchase something new. This kind of problem has a particular impact on efficiency in the mining industry – a sector that requires large machines whose purchase price and operating

cost play a crucial role when it comes to economic viability. For this reason further clarification is needed as to whether it is economically more viable to carry out a complete overhaul of the equipment or to plan for a new procurement. The Epiroc Deutschland GmbH in Essen/Germany offers an enhanced service in area – called the RigScan machine audit. This product draws up a detailed report that is specifically designed to help equipment owners reach a decision on the choice between overhaul and new-buy.

Smarter Mining – Instandhaltungstechnik von Epiroc

Bei voranschreitender Lebensdauer von Maschinen und Geräten steigen die Wartungs- und Servicekosten durch Zunahme von Verschleiß und Abnutzung. Dadurch müssen vermehrt Teile gewechselt oder repariert werden. Gleichzeitig sinkt der eigentliche Wert der Maschine mit der Lebensdauer. Demzufolge stehen viele Unternehmen wiederholt vor der Entscheidung, ob es sich lohnt, eine Maschine reparieren bzw. generalüberholen zu lassen oder sie neu anzuschaffen. Einen besonderen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat diese Problemstellung in der Bergbaubranche. Hier werden Großgeräte eingesetzt, deren Anschaf-

fungspreis und Betriebskosten entscheidend für diesen Aspekt sind. Aus diesem Grund ist die Fragestellung, ob es wirtschaftlich sinnvoller ist eine Generalüberholung des Geräts durchzuführen oder eine Neuanschaffung anzuvizieren, hinreichend zu klären. Die Epiroc Deutschland GmbH, Essen, bietet einen erweiterten Service in diesem Bereich an – den Maschinenaudit RigScan. Der Maschinenaudit liefert dem Maschinenbesitzer in Form eines detaillierten Berichts eine Unterstützung zur Entscheidung bezüglich einer (General)Überholung oder Neuanschaffung.

Introduction

Advances in the operating life of plant and machinery also mean higher maintenance and repair costs due to greater wear and tear. Parts increasingly have to be replaced or repaired as a result. At the same time the true value of the machine also falls as it becomes older. Many companies are therefore repeatedly faced with having to decide whether it is worth repairing a machine or having it overhauled, or instead opting to purchase something new. This decision has to be based on hard facts and figures, as the plant pool and the costs associated with it will have a huge influence on the company's profitability and the economic viability of any projects being undertaken. This kind of problem has a particular impact on efficiency in the mining industry – a sector that requires large machines whose purchase price and operating cost play a crucial role when it comes to economic viability. For this reason further clarification is needed as to whether it is economically more viable to carry out a complete overhaul of the equipment or to plan for a new procurement.

Epiroc Deutschland GmbH, Essen/Germany, can provide an enhanced service to clients in this area – called the RigScan ma-

Einleitung

Bei voranschreitender Lebensdauer von Maschinen und Geräten steigen die Wartungs- und Servicekosten durch Zunahme von Verschleiß und Abnutzung. Dadurch müssen vermehrt Geräteteile gewechselt oder repariert werden. Gleichzeitig sinkt der eigentliche Wert der Maschine mit der Lebensdauer. Demzufolge stehen viele Unternehmen wiederholt vor der Entscheidung, ob es sich lohnt, eine Maschine reparieren bzw. generalüberholen zu lassen oder sie neu anzuschaffen. Diese Entscheidung sollte sich auf Zahlen und Fakten begründen, da der Maschinenpark und die damit verbundenen Kosten einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Unternehmen bzw. deren Projekten besitzen. Einen besonderen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat diese Problemstellung in der Bergbaubranche. Hier werden Großgeräte eingesetzt, deren Anschaffungspreis und Betriebskosten entscheidend für diesen Aspekt sind. Aus diesem Grund ist die Fragestellung, ob es wirtschaftlich sinnvoller ist, eine Generalüberholung des Geräts durchzuführen oder eine Neuanschaffung anzuvizieren, hinreichend zu klären.

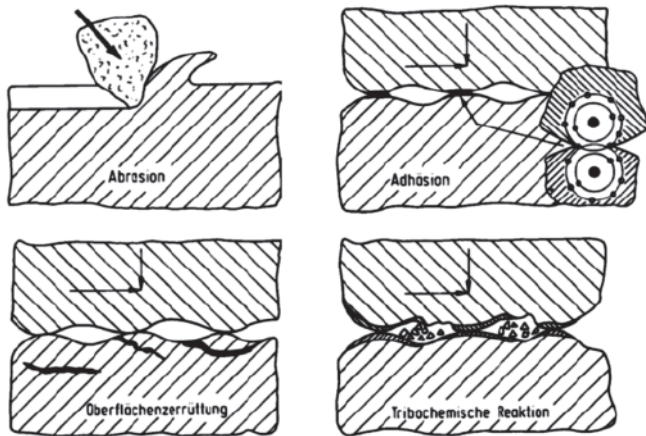


Fig. 1. Characterisation of the four main wear mechanisms (3).
Bild 1. Darstellung der vier Hauptverschleißmechanismen (3).

chine audit. This product draws up a detailed report that is specifically designed to help equipment owners reach a decision on the choice between overhaul and new-buy.

Machine wear – basic principles

The operating life of a machine is primarily limited by wear and by other forms of technical wastage. Wear can essentially be divided into material (physical) wear and moral wear. The latter denotes wear incurred as a result of scientific or technical progress, altered market conditions, social and legal influences or the depletion of stocks. Material wear, on the other hand, can be differentiated into usage-independent (natural) wastage over time and usage-dependent (technical) wear and tear. It is the latter phenomenon that provides the focus for this paper (1).

Wear is to be comprehended as “progressive material loss from the surface of a solid body due to mechanical causes, i.e. contact and relative movement of a solid, liquid or gaseous antibody” (2). Wear creates tribological stress, causes a marked increase in failure rates and leads to a depreciation in value of the equipment thereby affected. It should be noted that wear has nothing to do with the property of the material, e.g. density, plasticity etc., but is in fact a characteristic of the system.

The principal wear mechanisms depicted in Figure 1 are:

1. abrasion;
2. surface break-up;
3. adhesion; and
4. tribochemical reaction.

Abrasion denotes the shedding of tiny splinters of material as a result of the penetration of particles into the surface of a body (4). For this particular type of wear to take place the antibody must be much harder than the base body. Abrasion also takes place when a hard particle penetrates the base body. This particle penetration can lead to microploughing, microfilling, microfatigue or microfracturing (5).

In the case of surface break-up material fatigue and/or material separation occurs as a result of the absorption of forces generated by the movement of the “contact partners” (5).

Die Epiroc Deutschland GmbH, Essen, bietet einen erweiterten Service in diesem Bereich an – den Maschinenaudit RigScan. Der Maschinenaudit liefert dem Maschinenbesitzer in Form eines detaillierten Berichts eine Unterstützung zur Entscheidung bezüglich einer (General)Überholung oder Neuanschaffung.

Grundlagen des Verschleißes

Die Lebenszeit einer Maschine wird vor allem durch Verschleiß und andere technische Abnutzung limitiert. Grundsätzlich ist Verschleiß in materiellen (physischen) Verschleiß und moralischen Verschleiß zu unterteilen. Moralischer Verschleiß ist als Verschleiß infolge wissenschaftlichen oder technischen Fortschritts, veränderter Marktverhältnisse, gesellschaftlicher und rechtlicher Einflüsse oder des Abbaus von Vorratsmengen zu verstehen. Der materielle Verschleiß hingegen ist in einen nutzungsunabhängigen (natürlichen) Zeitverschleiß und nutzungsabhängigen (technischen) Gebrauchsverschleiß zu unterscheiden. Von Letzterem soll im Folgenden die Rede sein (1).

Unter Verschleiß wird ein „fortschreitende(r) Materialverlust aus der Oberfläche eines festen Körpers, hervorgerufen durch mechanische Ursachen, d. h. Kontakt und Relativbewegung eines festen, flüssigen oder gasförmigen Gegenkörpers“ (2) verstanden. Verschleiß ruft eine tribologische Beanspruchung hervor. Durch Verschleiß steigt die Ausfallrate deutlich an und er bewirkt eine Wertminderung der betroffenen Anlage. Zu beachten ist, dass es sich bei Verschleiß um keine Werkstoffeigenschaft, wie z.B. Dichte, Plastizität, sondern um eine Systemeigenschaft handelt.

Die in Bild 1 dargestellten Hauptverschleißmechanismen lauten:

1. Abrasion,
2. Oberflächenzerrüttung,
3. Adhäsion und
4. tribochemische Reaktion.

Unter Abrasion ist die Ablösung von spanähnlichen Teilchen durch das Eindringen von Partikeln in die Oberfläche eines Körpers zu verstehen (4). Bei dieser Form des Verschleißes muss der Gegenkörper wesentlich härter sein als der Grundkörper. Abrasion entsteht ebenfalls, wenn ein hartes Partikel in den Grundkörper eindringt. Dieses Eintreten von Partikeln kann zum Mikropflügen, -spanen, -ermüden oder -brechen führen (5).

Bei der Oberflächenzerrüttung kommt es zur Werkstoffermüdung bzw. zur Materialtrennung aufgrund der Aufnahme von Kräften, die durch die Bewegung der „Kontaktpartner“ (5) entstehen.

Die Adhäsion wird durch die Bildung lokaler Grenzflächen „infolge hoher lokaler Pressungen an einzelnen Oberflächenrauheitshügeln“ (5) charakterisiert. Dabei ist zu beachten, dass die Grenzflächen andere Werkstoffeigenschaften als Grund- und Gegenkörper haben können.

Tribochemische Reaktionen können als chemische Reaktionen zwischen Grund- oder Gegenkörper und der Umgebung verstanden werden (5).

Neben den hier aufgeführten Verschleißmechanismen gibt es auch Sonderformen des Verschleißes, wie z.B. die Erosion. Alle Verschleißmechanismen durchlaufen drei Phasen, die einen Verschleißprozess kennzeichnen (Bild 2).

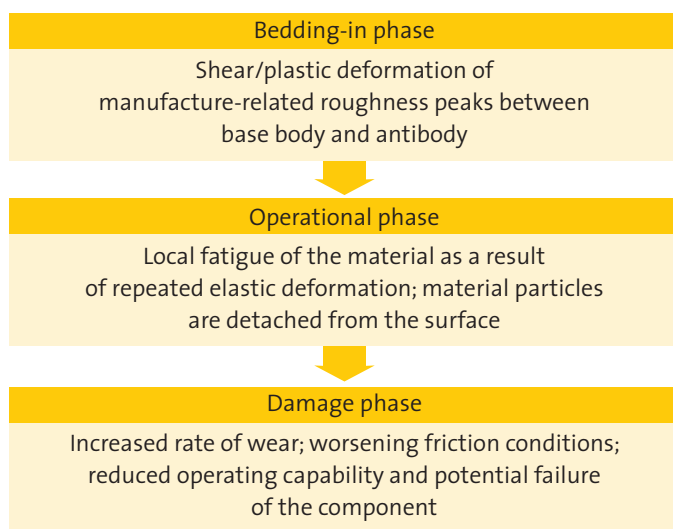


Fig. 2. Three phases of the wear process according to (6).

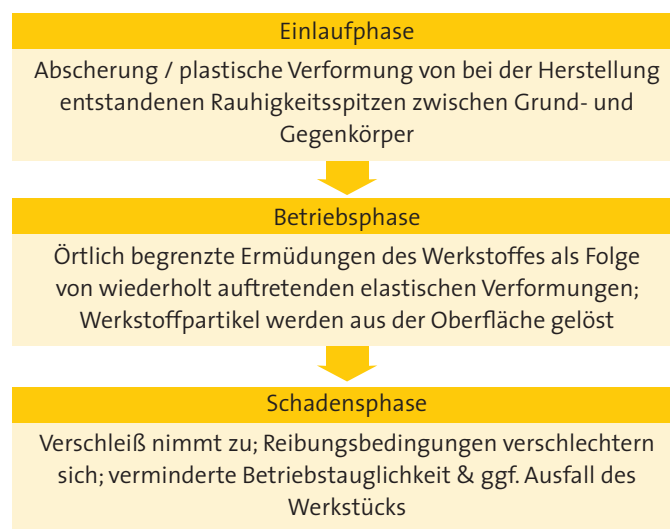


Bild 2. Phasen des Verschleißprozesses nach (6).

Adhesion is characterised by the formation of local boundary surfaces “as a result of high local pressures at individual surface roughness pinnacles” (5). Here it should be noted that the boundary surfaces can have material properties other than those of base body and antibody.

Tribochemical reactions can be understood as chemical reactions between base body or antibody and the environment (5).

In addition to the wear mechanisms outlined here there are also special forms of wear such as erosion. All wear mechanisms go through three phases that identify the wear process (Figure 2).

Wear promoting factors that can be related to the winning and loading of rock can be arranged into four main groups:

1. ambient conditions;
2. geology;
3. machine characteristics; and
4. operation and maintenance.

The ambient conditions are crucial for determining which particular wear mechanism will come into effect. Temperature, humidity and dirt can all have a general influence here.

Wear acting on the winning or loading tool due to geology, and particularly the properties of the rock strata, is designated as “rock abrasivity” (7). This factor is made up of various rock parameters, with mineral content, bond-structure strength, structural composition, mineral granularity and mineral grain shape all playing a special role here. In this context abrasivity will intensify in line with an increase in the proportion of minerals of increasing hardness, the strength of the bond structure, mineral granularity and angular grain shapes. Wear in the form of brittle fracture can also occur as a result of the strength and distribution of the areas of rock being extracted. In addition, the degree of dirt contamination will also have an effect on tool wear. When analysing the different rock parameters that can influence wear levels it is also necessary to take account of the composition of the rock. Factors of crucial importance here include the strength of the individual rocks and of the rock mass in general, the spacing, condition and orientation of the parting planes, the state of

Verschleiß begünstigende Einflussfaktoren, die in Hinsicht auf das Lösen und Laden von Gestein bezogen werden, gliedern sich in vier große Gruppen auf:

1. Umgebungseinflüsse,
2. Geologie,
3. Maschineneigenschaften sowie
4. Bedienung und Wartung.

Die Umgebungseinflüsse haben eine entscheidende Bedeutung darauf, welcher Verschleißmechanismus in Kraft tritt. Generellen Einfluss können Temperatur, Feuchtigkeit und Schmutz haben.

Verschleiß am Löse- oder Ladewerkzeug durch die Geologie insbesondere des Gesteins wird als „Gesteinsabrasivität“ (7) bezeichnet. Diese setzt sich aus verschiedenen Gesteinsparametern zusammen. Besonderen Einfluss haben der Mineralinhalt, die Festigkeit des Gefügeverbands, die Gefügeeigenschaften, die Mineralkorngröße und die Mineralkornform. Dabei erhöht sich die Abrasivität bei Zunahme des Anteils der Minerale mit zunehmender Härte, der Festigkeit des Gefügeverbands, der Mineralkorngröße und der eckigen Mineralkornform. Auch ein Verschleiß durch Spröbruch kann aufgrund der Festigkeit und Verteilung der zu lösenden Gesteinspartien erfolgen. Zudem beeinflusst der Grad der Verschmutzung den Werkzeugverschleiß. Bei der Betrachtung von Einflussfaktoren des Gebirges auf den Verschleiß ist die Zusammensetzung des Gebirgsaufbaus zu beachten. Vor allem die Festigkeit der einzelnen Gesteine und auch des Gebirges, die Abstände, Beschaffenheit und Orientierung von Trennflächen, der Spannungszustand, der natürliche Wassergehalt und ggf. zuströmendes Wasser sowie der Verwitterungszustand von Gebirge und Gestein sind dabei von entscheidender Bedeutung (7).

Hinsichtlich der Maschineneigenschaften ist es wichtig zu wissen, um welchen Maschinentyp es sich handelt. Im Allgemeinen sind die Werkzeugeigenschaften wie Form, Verarbeitungsqualität, Material, Grabgeschwindigkeit, Vorschubkraft und Temperaturentwicklung zu berücksichtigen.

Die Gruppe Bedienung und Wartung steht im direkten Kontext mit dem Faktor Mensch und wird demzufolge durch die jeweilige Tagesverfassung des Fahrers oder anderer Beteiligten beeinflusst.

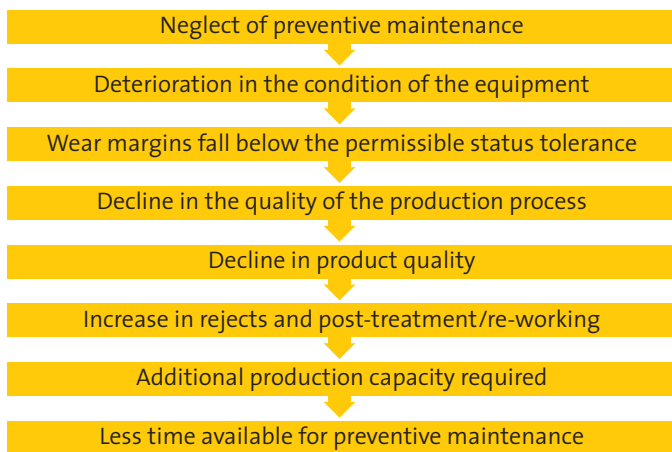


Fig. 3. Correlation between maintenance effort and product quality according to (9).

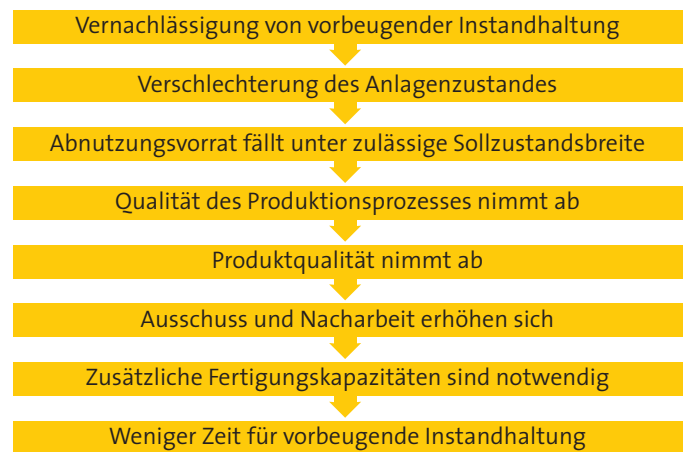


Bild 3. Zusammenhang von Instandhaltungsleistung und Produktqualität nach (9).

stress, the natural water content and the presence of any inflowing water, together with the state of weathering of the rocks and the rock masses (7).

When looking at the equipment characteristics it is important to know what type of machine is involved. As a general rule the various tool properties, such as shape, manufacturing quality, material, digging speed, thrust force and temperature development, will all have to be factored into the equation.

Operation and maintenance has to be seen in a direct context with the human factor and will consequently be influenced by the condition and mindset of the machine operator/driver or other involved parties on the day in question.

In addition to the wear mechanisms described above there are also other forms of technical wear, with “fatigue” being one such example. This includes the reduction of a component’s strength as a result of cracking due to various loads and stresses. The main cause variables that lead to fatigue are: the design of the workpiece, the properties of the material, the degree of loading and the cumulative stress (6).

Another form of technical wear is corrosion. This is defined as “inadvertent damage to a metallic component by chemical or electrochemical means starting from the surface, often superimposed by various mechanical and occasionally also biological processes” (4). Corrosion can be subdivided into several forms.

Ageing, which is another form of wear, is time-dependent rather than usage-dependent. Damage due to ageing may take the form of brittle rubber parts or steel components.

In addition to the aforementioned wear processes, which may be defined as regular wear phenomena that are to some degree predictable, there is also another category referred-to as exceptional and unusual wear and tear. This form is characterised by randomness and may occur, e.g. as a result of disaster, overloading, incorrect operation and maintenance errors (6). This can include the build-up of deposits, disintegration, biological degradation and combinations of these (4).

Maintenance is defined as “a combination of all technical and administrative measures and management actions during the life cycle (...) of a unit (...) that is conducive to preserving or restoring its operational condition so that it can perform its intended function” (8). Maintenance assumes growing importance as the

Neben den zuvor beschriebenen Mechanismen des Verschleißes gibt es noch weitere Typen der technischen Abnutzung wie beispielsweise die Ermüdung. Hierunter ist die verringerte Festigkeit eines Werkteils aufgrund von Rissbildung durch verschiedene Beanspruchungen zu nennen. Einflussgrößen, die zur Ermüdung führen, sind die Konstruktion des Werkstücks, die Eigenschaften des Werkstoffs, die Höhe der Belastung und die kumulierte Beanspruchung (6).

Eine weitere Art der technischen Abnutzung ist die Korrosion. Dies ist „die von der Oberfläche ausgehende, unbeabsichtigte Schädigung eines metallischen Werkstoffs auf chemischem bzw. elektrochemischem Wege, wobei oft eine Überlagerung mit mechanischen, gelegentlich auch mit biologischen Prozessen (auftritt)“ (4). Die Korrosion kann in verschiedene Arten eingeteilt werden.

Die Alterung, eine weitere Abnutzungsart, ist nicht nutzungs-, sondern zeitabhängig. Schäden, die durch die Alterung hervorgerufen werden, sind z.B. brüchige Gummiteile oder spröde Stähle.

Neben den bereits genannten Abnutzungsvorgängen, die als reguläre Abnutzungsvorgänge definiert und grob voraussehbar sind, gibt es noch die außergewöhnliche Abnutzung. Diese Art ist durch Zufallsbedingtheit charakterisiert und kann z.B. durch Katastrophen, Überlastung, falsche Bedienung und Fehler bei der Instandhaltung auftreten (6). Darunter fallen z.B. Ansatzbildung, Zersetzung, Entmischung, biologische Schädigungen und Kombinationen (4).

Als Instandhaltung wird die „Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus (...) einer Einheit (...), die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands dient, sodass sie die geforderte Funktion erfüllen kann“ (8), definiert. Mit voranschreitender Lebensdauer einer Anlage gewinnt die Instandhaltung zunehmend an Bedeutung, da der Verschleiß und andere technische Abnutzungen in dieser Zeit ansteigen. Allerdings hat die Instandhaltung schon ab Beginn der Lebensdauer der Anlage eine hohe Gewichtung, wie das Bild 3 zeigt.

Die Instandhaltungsmaßnahmen umfassen nach DIN 31051 die Wartung, die Inspektion, die Instandsetzung und die Verbesserung. Die Wartung beinhaltet dabei alle Maßnahmen zur Be-

Strategy	Advantages	Drawbacks
Time-based (scheduled)	<ul style="list-style-type: none"> - Coordination of maintenance and production plans - Spares can be ordered in good time - Standardised working conditions - Easier subcontracting to outside companies - Guarantee of certain availability/reliability - Reduction in outages and their consequences - Better preparation of measures 	<ul style="list-style-type: none"> - Need for accuracy in the relevant data - Service life of many components not fully exploited - Increased spares requirement - Likelihood of assembly/commissioning errors increases with frequent replacements
Condition-based (scheduled)	<ul style="list-style-type: none"> - Data does not need to be as precise as with time-based maintenance - Better exploitation of component service life - Inspection and repair work is predictable - Reliability and availability is generally assured 	<ul style="list-style-type: none"> - Can only be applied to equipment with an observable propensity to default - Inspections incur costs - Requires qualified inspection personnel - Not possible to plan for maintenance measures that have to be implemented immediately after the inspection
unscheduled	<ul style="list-style-type: none"> - Component service life can be fully exploited - Minimal outlay for planning 	<ul style="list-style-type: none"> - More cost-intensive than scheduled maintenance (2-3 times higher) - Maintenance measures under time constraints → deterioration in quality - Higher outage costs due to procurement of non-stock spares - Spares held in stock: storage costs - Several outages will trigger manpower capacity peaks - Subcontracting of maintenance work only possible to a limited degree - Reliability cannot be guaranteed

Table 1. Advantages and drawbacks of maintenance strategies according to (11).

operating life of a machine or item of equipment increases, as wear and other forms of technical degradation will rise over time. As Figure 3 shows, maintenance will generally be assigned a high priority right from the beginning of the equipment's lifetime.

According to DIN 31051 fundamental maintenance measures comprise servicing, inspection, repair and improvement. Servicing signifies all measures needed to preserve the equipment's functional status. This includes cleaning, lubrication, topping up and refilling. All measures aimed at establishing and assessing the current state of the equipment, such as measuring and testing, are compiled under the term inspection. Maintenance deals with the restoration of the desired status. Improvement covers all measures aimed at enhancing the reliability, safety and productivity of a piece of equipment without altering its original function (8).

Factors that influence the maintenance process are wear, other forms of technical degradation, personnel, material and other aspects. Personnel can affect the maintenance work in that when the equipment is being used operating errors can occur that are attributable to poorly qualified staff and improper handling. Even when equipment is being serviced there may be instances when personnel fail to comply with maintenance plans. Poor quality materials can also impact on the maintenance process (10).

Maintenance can be organised on the basis of two different strategies, namely scheduled and unscheduled. Scheduled maintenance can in turn be split up into condition-based servicing and time-based servicing. Table 1 presents the advantages and drawbacks of these two strategies.

Operating principle of the RigScan system

The RigScan machine audit can be assigned to the condition-based (scheduled) strategy. The status of a particular machine can be recorded using a worldwide standard audit. RigScan is like a medical check-up at the doctors. In order to ensure the safety of the machine operator and protect the equipment and the environment product specialists will undertake a thorough inspection of the machine and examine it for potential safety hazards. When the equipment and workplace environment have been deemed as safe the actual RigScan investigation can begin. The machine is divided

wahrung des Sollzustands. Dazu gehören das Reinigen, Schmier- und Nachfüllen. Alle Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustands, wie z. B. das Messen und Prüfen, werden unter der Inspektion zusammengefasst. Die Instandsetzung befasst sich mit der Wiederherstellung des Sollzustands. Unter dem Begriff Verbesserung werden alle Maßnahmen gefasst, um die Zuverlässigkeit, Sicherheit und Produktivität einer Anlage zu steigern, ohne die ursprüngliche Funktion zu verändern (8).

Die Einflussfaktoren der Instandhaltung sind der Verschleiß, andere technische Abnutzung, das Personal, das Material und sonstige Faktoren. Das Personal hat insofern Einfluss auf die Instandhaltung, als während der Anlagennutzung Bedienungsfehler auftreten können, die auf ungenügend qualifiziertes Personal und unsachgemäße Behandlung zurückzuführen sind. Auch während der Anlageninstandhaltung kann es durch das Personal zu Missachtung von Instandhaltungsplänen etc. kommen. Schlechte Qualität des Materials hat zusätzlich Einfluss auf die Instandhaltung (10).

Die Instandhaltung kann in zwei verschiedene Strategien eingeteilt werden, in die planmäßige und die unplanmäßige Instandhaltung, wobei die planmäßige Instandhaltung nochmals in die zustandsabhängige und die zeitabhängige Instandhaltung aufzuspalten ist. Tabelle 1 zeigt die Vor- und Nachteile der jeweiligen Strategien.

Funktionsweise von RigScan

Der Maschinenaudit RigScan kann der zustandsabhängigen (planmäßigen) Strategie zugeordnet werden. Mithilfe eines weltweit standardisierten Audits kann der Zustand einer Maschine erfasst werden. RigScan ähnelt einer Vorsorgeuntersuchung beim Arzt. Um die Sicherheit der Maschinenführer und den Schutz von Maschine und Umwelt zu gewährleisten, sichtet ein Produktexperte gründlich die Maschine und untersucht sie auf die potentiellen Gefahrenquellen. Sind die Ausrüstung und das Arbeitsumfeld sicher, beginnt die eigentliche RigScan-Untersuchung. Die Maschine wird in bestimmte Zonen unterteilt. Mithilfe dieser Zonen überprüft der RigScan Experte jedes Segment. Dazu nutzt er ein standardisiertes, elektronisches Protokoll, das auch Fotos

Strategie	Vorteile	Nachteile
zeitabhängige (planmäßige)	<ul style="list-style-type: none"> - Abstimmung von Instandhaltungs- und Produktionsplänen - Ersatzteile können rechtzeitig bestellt werden - standardisierte Arbeitsbedingungen - Erleichterung der Vergabe an Fremdfirmen - Sicherstellung bestimmter Verfügbarkeit / Zuverlässigkeit - Reduktion von Ausfällen und ihrer Folgen - bessere Vorbereitung der Maßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> - notwendige Genauigkeit bei benötigten Daten - keine volle Ausnutzung der Lebensdauer vieler Teile - höherer Ersatzteilbedarf - Wahrscheinlichkeit von Montage- / Inbetriebnahmefehler steigt durch häufiges Auswechseln
zustandsabhängige (planmäßige)	<ul style="list-style-type: none"> - Daten müssen nicht so genau sein, wie bei zeitabhängiger Instandhaltung - bessere Ausnutzung der Lebensdauer von Teilen - Inspektions- und Wartungsarbeiten sind planbar - i.d.R. Gewährleistung Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - nur bei Anlagen anwendbar bei denen steigende Ausfallneigung beobachtbar - Inspektion verursacht Kosten - Personal für Inspektion mit Qualifikation wird benötigt - Instandsetzungsmaßnahmen, die direkt nach der Inspektion durchgeführt werden müssen, können nicht geplant werden
unplanmäßige	<ul style="list-style-type: none"> - volle Ausnutzung der Lebensdauer eines Teils - geringer Aufwand bei Planung 	<ul style="list-style-type: none"> - kostenintensiver als planmäßige Instandhaltung (2–3 x höher) - Zeitdruck bei Instandhaltungsmaßnahmen → sinkende Qualität - höhere Ausfallkosten wegen Beschaffung von nicht lagerhaltigen Ersatzteilen - lagerhaltige Ersatzteile: Lagerhaltungskosten - Personalkapazitätsspitzen wenn mehrere Ausfälle - Fremdvergabe von Instandhaltung nur bedingt möglich - Zuverlässigkeit kann nicht gewährleistet werden

Tabelle 1. Vor- und Nachteile der Instandhaltungsstrategien nach (11).

up into individual zones. The RigScan inspector uses these zones to check each and every segment. This is done using a standardised, electronic protocol that also incorporates photographs and video footage. As a result, a good level of comparability can be obtained at the next inspection, something that makes the handover of plant and machinery, e.g., a much easier and less complicated process. A report is then drawn up on the outcome of the investigation. Once all data have been compiled with the aid of the protocol, including the relevant photos and videos, a detailed examination report can be prepared. The results are then reviewed and discussed with the client. This process will also identify some of the measures that need to be taken in the near term, including a listing of the spare parts, in order to ensure the safety and functionality of the equipment. Further recommendations will also be given to help the client extend the effective service life of the machine and enable him to identify wear at an early stage.

The RigScan report can at the same time help clients make the decision between a complete overhaul and a new procurement. Moreover, there will be no need for any dismantling and reassembly of the equipment, as is usually the case when performing a machine audit. Instead, the RigScan process is carried out with the aid of a tablet, a thermal imaging camera and a particle counter. RigScan was developed in collaboration with Epiroc customers and is therefore a highly client-oriented tool.

The advantages of the RigScan machine audit can be summed up as follows:

- production losses can be avoided by prognosis and analysis;
- productivity is improved by way of a comprehensive performance analysis routine;
- maintenance costs are reduced by rapid troubleshooting; and
- early identification of potential risks results in greater workplace and machinery safety and improved health and environmental protection.

Epiroc training and maintenance agreements are available as complementary services for improving machine life over and above the RigScan machine audit.

und Videos integriert. Bei der nächsten Untersuchung lässt sich so eine gute Vergleichbarkeit herstellen. Das macht z. B. die Übergabe von Maschinen einfach und unkompliziert. Den Abschluss der Untersuchung stellt ein Abschlussbericht dar. Sobald alle Daten mithilfe des Protokolls inklusive Fotos und Videos zusammengetragen wurden, wird ein ausführlicher Untersuchungsbericht erstellt. Die Ergebnisse werden zusammen mit dem Kunden durchgesprochen. Zusätzlich werden Maßnahmen aufgezeigt, die in nächster Zeit ergriffen werden sollten, inklusive Ersatzteilliste, um die Sicherheit und die Einsetzbarkeit der Maschine zu gewährleisten. Weiterhin werden weiterführende Empfehlungen gegeben, die dem Kunden dabei helfen, die Lebensdauer der Maschine nachhaltig zu verlängern und Verschleiß frühzeitig zu erkennen.

Gleichzeitig kann der RigScan-Bericht eine Unterstützung bei der Entscheidung zwischen einer Generalüberholung und einer Neuanschaffung bilden. Dabei müssen nicht, wie normalerweise bei einem Maschinenaudit notwendig, Demontage- und Montagearbeiten erfolgen. Stattdessen wird RigScan u. a. mithilfe eines Tablets, einer Wärmebildkamera und einem Partikelzähler durchgeführt. RigScan wurde in Zusammenarbeit mit Epiroc-Kunden entwickelt und ist deswegen sehr kundenorientiert.

Kurzgefasst liegen die Vorteile des RigScan-Maschinenaudits darin, dass:

- Produktionsausfälle durch Vorhersagen und Analysen vermieden werden,
- die Produktivität durch eine umfassende Leistungsanalyse gesteigert und reduziert wird,
- durch eine schnelle Fehlerbehebung Wartungskosten gesenkt werden und
- durch die frühzeitige Erkennung von potentiellen Gefahren eine Verbesserung der Arbeits- und Maschinensicherheit sowie des Gesundheits- und Umweltschutzes erreicht wird.

Ergänzende Serviceleistungen, die zusätzlich zum RigScan-Maschinenaudit die Maschinenlebensdauer erhöhen können, sind Epiroc Trainings- und Wartungsverträge.

CertiQ – a new telematics system

The new CertiQ telematics system can identify individual staff training requirements in advance. The basic version of CertiQ, which features a wireless data transmission system, has been available as standard on all new Epiroc mining and construction machines since 2016. Older equipment can also be retrofitted with CertiQ. The new system gathers and compares machine information and then communicates this data in real-time by WiFi to the mine's local server, which in turn relays it to a central server station. The data thus collected can be retrieved by the client at any time and place by computer, laptop or smartphone via a web portal. As well as helping to assess training needs this information is designed to assist mining companies in identifying and optimising the operational readiness of their plant and machinery, and to do this with minimal effort and expense, and thereby to increase the productivity and profitability of their machine fleet. The basic version of the system is able to display machine hours and drilling time, along with the working position and any alerts arising. CertiQ Professional, which is the basic version upgrade, provides for additional display options, including operating parameters and performance analysis.

The telematics system can also be used to store a maintenance plan that can in turn be combined with the Epiroc and ROC Care preventive maintenance agreements. ROC Care is used for calculating maintenance costs and improving machine availability and reliability. It also includes an extended warranty for all key components. Epiroc service engineers not only perform regular maintenance services but also test and optimise the machine parameters on each visit – thereby ensuring greater safety, better productivity and lower rates of wear.

Telematiksystem CertiQ

Der individuelle Schulungsbedarf von Mitarbeitern kann im Vorhinein mithilfe des neuen Telematiksystems CertiQ ermittelt werden. CertiQ ist seit dem Jahr 2016 standardmäßig als Basisversion in allen neuen Bergbau- und Baugeräten von Epiroc verfügbar und zeichnet sich durch eine kabellose Datenübertragung aus. Auch eine Nachrüstung von älteren Geräten ist möglich. CertiQ sammelt, vergleicht und kommuniziert Maschineninformationen in Echtzeit per WiFi an den lokalen Server im Bergwerk, der die Daten an einen Zentralserver weitergibt. Die hier gesammelten Daten kann der Kunde jederzeit und an jedem Ort per Computer, Laptop oder Smartphone über ein Web-Portal abrufen. Die Daten helfen Bergbauunternehmen neben der Ermittlung des Schulungsbedarfs, mit minimalem Aufwand die Einsatzbereitschaft ihrer Ausrüstung zu erkennen und zu optimieren und sowohl die Produktivität als auch Profitabilität ihrer Maschinenflotte zu erhöhen. In der Basisversion ist das Anzeigen der Maschinen- und Bohrstunden sowie der Alarme und der Position möglich. CertiQ Professional, die Erweiterung der Basisversion, bietet zusätzliche Möglichkeiten des Anzeigens von Parametern sowie der Auswertung.

Dem Telematiksystem kann des Weiteren ein Wartungsplan hinterlegt und somit mit dem präventiven Wartungsvertrag von Epiroc, ROC Care, kombiniert werden. ROC Care dient dazu, Wartungskosten zu kalkulieren und die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Maschinen zu erhöhen. Zudem umfasst ROC Care eine erweiterte Gewährleistung auf alle Schlüsselkomponenten. Die Epiroc-Service-Techniker führen nicht nur die regelmäßigen Wartungen aus, sie prüfen und optimieren bei jeder Wartung auch die Maschinenparameter und sorgen so für mehr Sicherheit, Produktivität und geringeren Verschleiß.

References / Quellenverzeichnis

- (1) Dietze, T.: Bergwirtschaftslehre II. Innere Bergwirtschaftslehre Block 2. Lehrunterlagen, S. 8 ff. TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, 2013.
- (2) Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 50320. Verschleiß, S. 1 ff. 1979.
- (3) Biermann, H.: Lehrunterlagen zur Lehrveranstaltung Beanspruchungsverhalten IV. Teil 1: Reibung und Verschleiß. Lehrunterlage, 2003. S. 6 ff. TU Bergakademie Freiberg, Freiberg.
- (4) Beckmann, G.; Marx, D.: Instandhaltung von Anlagen: Konzepte, Strategien, Planung; ... 18 Tabellen, S. 75 ff., 4th edn., 1994, Dt. Verl. für Grundstoffindustrie, Leipzig, Stuttgart.
- (5) Czichos, H.; Habig, K.-H.; Celis, J.-P.: Tribologie-Handbuch. Tribometrie, Tribomaterialien, Tribotechnik; mit 123 Tabellen, 3rd edn., 2010, S. 119 ff., Vieweg + Teubner, Wiesbaden.
- (6) Zhang, S.: Instandhaltung und Anlagenkosten. S. 19 ff. Dt. Univ.-Verlag, Wiesbaden, 1990.
- (7) Plinninger, R. J.: Klassifizierung und Prognose von Werkzeugverschleiß bei konventionellen Gebirgslösungsverfahren im Festgestein. S. 30 ff. Lehrstuhl für Allg., Angewandte und Ingenieur-Geologie, 2002, TU München.
- (8) Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 31051. Grundlagen der Instandhaltung, 2012, S. 4 ff.
- (9) Schröder, W.: Ganzheitliches Instandhaltungsmanagement. Aufbau, Ausgestaltung und Bewertung. Zugl.: Leoben, Montanuniv., Diss., 2009, 1st edn., S. 40 ff. Gabler, Wiesbaden.
- (10) Eberlein, J.: Der Einfluß der Unternehmensstrategie auf ausgewählte Entscheidungen im Instandhaltungsbereich unter besonderer Berücksichtigung des Controlling. S. 172 ff., 1996.
- (11) Schumacher, L.: Konstruktion von Gewinnungs- und Baumaschinen. Lehrunterlagen, TU Bergakademie Freiberg; Institut für Maschinenelemente, Konstruktionen und Fertigung, Freiberg.

Author / Autor

Christel Füllenbach, Business Line Manager Mining and Rock Excavation Service, Epiroc Deutschland GmbH, Essen/Germany