

## Epiroc Control Tower – The Digital Mine in Action

The recently by Epiroc developed Control Tower is a central data processing and automation unit. The Control Tower is much more than a showroom – it is part of Epiroc's strategy to support customers in taking the right steps in terms of security, productivity and improvement. Epiroc's High-Tech Control Tower allows remote-controlled and automated machines to be explored and

controlled anywhere in the world. In addition, the control tower incorporates Epiroc information management solutions such as data processing via telematics or other integrated systems. Thus, the new Control Tower is a great opportunity to help customers digitize – by joining several cutting-edge technologies.

## Epiroc Control Tower – The Digital Mine in Action

Der kürzlich von Epiroc entwickelte Control Tower ist eine zentrale Datenverarbeitungs- und Automatisierungseinheit. Dabei ist der Control Tower viel mehr als ein Showroom – er ist Teil der Epiroc-Strategie, Kunden zu den Themen Sicherheit und Produktivität bestmöglich zu unterstützen, sodass sie selbständig die richtigen Schritte wählen. Im High-Tech-Control Tower von Epiroc können ferngesteuerte und automatisierte Maschinen erkundet und ge-

steuert werden, die überall auf der Welt betrieben werden können. Darüber hinaus umfasst der Control Tower Lösungen für das Informationsmanagement von Epiroc, wie die Verarbeitung von Daten aus dem Telematiksystem und weiterer integrierter Systeme. Somit bildet der neue Control Tower eine hervorragende Gelegenheit, Kunden bei der Digitalisierung zu unterstützen – u. a. indem er Spitzentechnologien zusammenbringt.

### Introduction

Current challenges, such as longer distances, new work and machinery safety regulations, necessitate a change in the previous work processes of mining and tunneling companies. Today, processes and machines are still controlled by human personnel in many places. With the help of intelligent IT solutions processes can be streamlined and made safer and more efficient. A good example of process and cost optimization supported by automation and digitization solutions is offered by the automotive industry.

Automation in the mining industry guarantees high technical reliability, efficiency and maximum availability, because potential faults can be detected in advance by sensors and measuring devices and remedied in good time (predictive maintenance). The scalable, flexible control systems increase output and have integrated safety and energy management systems that protect equipment, people and the environment. The prerequisite for this is that they have access to all mine data. The data exchange between the machine technology underground and surface as well as the operating panels and if necessary processing plants take place via reliable transmission standards and trouble-free working network devices. As the information from all areas of the mining operation is centralized, the operator is able to react quickly to changes and make the right decisions. The exact location and fuel consumption of mining equipment, e. g., can be checked per unit of measurement. The same applies to occurring vibrations and the precise determination of the flow rates. In addition, the sensors transmit the results of temperature and light measurements to the cloud platform. Spe-

### Einleitung

Gegenwärtigen Herausforderungen wie längere Distanzen, neue Arbeits- und Maschinensicherheitsvorschriften bedingen eine Änderung der bisherigen Arbeitsprozesse von Bergbau- und Tunnelbauunternehmen. Heute werden Prozesse und Maschinen vielerorts noch von Menschen gesteuert, mithilfe intelligenter IT-Lösungen können Abläufe verschlankt und sicherer sowie effizienter gestaltet werden. Ein gutes Beispiel für die Möglichkeiten der Prozess- und Kostenoptimierung mithilfe von Automatisierungs- sowie Digitalisierungslösungen bietet die Automobilindustrie.

Die Automatisierung in der Bergbauindustrie garantiert hohe technische Zuverlässigkeit, Effizienz und höchste Verfügbarkeit, weil mögliche Störungen bereits im Vorfeld über Sensoren und Messgeräte erkannt und rechtzeitig behoben werden können (vorausschauende Instandhaltung). Die skalierbaren, flexiblen Leitsysteme erhöhen den Output und verfügen darüber hinaus über integrierte Sicherheits- und Energiemanagementsysteme, die Equipment, Menschen und Umwelt schützen. Voraussetzung dafür ist, dass sie Zugriff auf sämtliche Bergwerksdaten haben. Der Datenaustausch zwischen der Maschinenteknik unter und über Tage sowie den Bedienpanelen und ggf. Aufbereitungsanlagen erfolgt über zuverlässige Übertragungsstandards und störungsfrei arbeitende Netzwerkgeräte. Da die Informationen aus allen Bereichen des Bergbaubetriebs zentral zusammengefasst werden, ist der Betreiber imstande, zeitnah auf Veränderungen zu reagieren und die richtigen Entscheidungen zu treffen. So kann man beispielsweise den genauen Standort und den Kraft-



Fig. 1. Epiroc Control Tower.  
Bild 1. Control Tower von Epiroc.  
Photo/Foto: Epiroc

cialized applications and websites allow maintenance technicians to order replacement parts and make devices functional again through their repair instructions. The data base gained through digitization helps to make better logistic decisions. Furthermore, a central data processing unit offers the possibility in the event of a malfunction, such as fire, explosion or other mine service operations, to coordinate the rescue operations much faster than before. This is due to automated evacuation plans, vehicle tracking and direct communication with the incident control center.

### The Epiroc Control Tower

Epiroc offers with the Control Tower the leading data processing unit in the market (Figure 1). The automation journey of Epiroc – formerly Atlas Copco – began in 1998 with the introduction of its own control systems. The control system makes it possible to control all the functions of Epiroc machines remotely. For users of the Control Tower, this sharing of hardware components, software features and developments provides further benefits. Thus, e.g., compressors etc. can be integrated into the system. In total, more than 3,300 machines are already equipped with the control system, of which more than 2,000 are in underground operation.

The Epiroc Control Tower offers the integration of systems, data and telematics solutions as well as the ability to use the autonomous features of the machine (Figure 2). The focus is on the agnostic approach as system integrator (Traffic Management Platform).

There are different variants of the Control Tower. Depending on the company strategy and approach, it is possible to integrate fixed or mobile operating stations. Isolated areas are the prerequisite for autonomous operation since, according to current legislation, no human presence is allowed in the automation area. Therefore, so-called geofences are introduced when using autonomous machines, these serve as fixed safety barriers. If the barriers are broken, the respective machine stops automatically. Several autonomous or remote-controlled machines can work in the same safety zone. Control Tower traffic management prevents the machines from running into one another or causing damage from collisions with the mountain, but it is not a safety

stoffverbrauch von Bergbaumaschinen pro Messeinheit abrufen. Ähnliches gilt für auftretende Vibrationen und die präzise Bestimmung der Fördermengen. Außerdem übermitteln die Sensoren die Ergebnisse von Temperatur- und Lichtmessungen an die Cloud-Plattform. Über spezielle Anwendungen und Websites können Wartungsmechaniker Ersatzteile ordern und Geräte mithilfe ihrer Reparaturanweisungen wieder funktionstüchtig machen. Die mittels Digitalisierung gewonnene Datenbasis trägt dazu bei, bessere logistische Entscheidungen zu treffen. Weiterhin bietet eine zentrale Datenverarbeitungseinheit die Möglichkeit, im Fall eines Störfalles, wie Brand, Explosion oder anderen Grubenwehreinsatzfällen, die Rettungsmaßnahmen wesentlich schneller als bisher zu koordinieren. Bedingt wird dies durch automatisierte Evakuierungspläne, das Tracken von Fahrzeugen sowie die direkte Kommunikation mit der Einsatzleitstelle.

### Der Control Tower von Epiroc

Epiroc bietet mit dem Control Tower die bisher führende Datenvereinbarungseinheit im Markt (Bild 1). Dabei begann die Automatisierungsreise von Epiroc – vormals Atlas Copco – im Jahr 1998 mit der Einführung eigener Steuerungssysteme. Das Steuerungssystem ermöglicht es, alle Funktionen von Epiroc-Maschinen aus der Ferne zu steuern. Für Nutzer des Control Towers ergeben sich durch diese gemeinsame Nutzung von Hardwarekomponenten, Softwarefunktionen und Entwicklungen weitere Vorteile. So können auch beispielsweise Kompressoren etc. in das System integriert werden. Insgesamt sind heute bereits mehr als 3.300 Maschinen mit dem Steuerungssystem ausgestattet, von denen sich über 2.000 Maschinen im Betrieb unter Tage befinden.

Der Epiroc-Control Tower bietet die Integration von Systemen, Daten und Telematiklösungen sowie die Möglichkeit, die autonomen Funktionen von Maschinen zu nutzen (Bild 2). Dabei liegt der Fokus auf dem agnostischen Ansatz als Systemintegrator (Traffic Management Platform).

Es gibt dabei verschiedene Varianten des Control Towers, je nach Unternehmensstrategie und -ansatz besteht die Möglichkeit, feste oder mobile Bedienstationen zu integrieren. Isolierte



*Fig. 2. Integration of systems, data and telematic solutions with the Epiroc Control Tower.*

*Bild 2. Integration von Systemen, Daten und Telematiklösungen mit dem Epiroc-Control Tower. Photo/Foto: Epiroc*

classification function. Therefore autonomous and manual interaction cannot rely on it. For this reason, the area in which, e. g., loaders are operated must be completely isolated from personnel and machines. The automated area should be covered by WLAN to allow access to the local area network. Operator station and barriers that demarcate the area are connected to the network. The machine can be operated either underground or over days.

In order to achieve consistent results with the tele-remote function, it is important to focus on the need to implement the onboard functionality. So that processes for the evaluation of information from the planning to the execution can be planned.

How successful the implementation of the Control Tower is depends on various parameters, such as the infrastructure (water, energy, network, etc.), the skills of the operators, the maintenance support, the planning and scheduling processes, the condition of the machinery and the production plan. The learning curve can take months, depending on the commitment of all departments of the mining operation to the correct use of the system. It is important to understand how the production and productivity metrics look today and what expectations exist for defining any type of KPIs.

Another function of the Control Tower refers to the remote maintenance function. As a result, large cost advantages can be achieved. This refers to the downtime costs of the machines. The downtime costs are composed of different types of costs, such as standstill costs, restart costs and opportunity costs related to the shutdown. The standstill costs depend on the availability of the machine and downtimes. So the availability of a system plays an important role. This is defined as the likelihood or degree that the system meets certain requirements at or within an agreed timeframe. Thus, the availability of a plant is closely related to the failure rate. If the failure rate increases, the availability drops and vice versa.

The above-mentioned failure rate is intended to capture the entire failure behavior of a system. If the development of the failure rate over the lifetime is shown, the result is always a similar curve (Figure 3).

This curve is called “bathtub curve” and is divided into three sections. On the one hand in the area of early failures and on the

Bereiche sind dabei die Voraussetzung für den autonomen Betrieb, da laut aktueller Gesetzeslage keine menschliche Präsenz im Automatisierungsbereich erlaubt ist. Daher kommen sogenannte Geofences beim Einsatz von autonomen Maschinen zum Tragen. Diese dienen als feste Sicherheitsbarrieren. Wenn die Barrieren durchbrochen werden, stoppt die jeweilige Maschine automatisch. Mehrere autonome oder ferngesteuerte Maschinen können in derselben Sicherheitszone arbeiten. Das Verkehrsmanagement des Control Towers verhindert, dass die Maschinen ineinanderlaufen oder Schäden durch Zusammenstöße mit dem Gebirge entstehen. Es handelt sich jedoch nicht um eine Sicherheitsklassifizierungsfunktion. Bei der autonomen und manuellen Interaktion kann man sich also nicht darauf verlassen. Aus diesem Grund muss der Bereich, in dem beispielsweise Lader betrieben werden, vollständig von Personal und Maschinen isoliert sein. Der automatisierte Bereich sollte durch WLAN abgedeckt werden, um den Zugang zum lokalen Netzwerk zu ermöglichen. Bedienung und Barrieren, die den Bereich abgrenzen, werden mit dem Netzwerk verbunden. Die Maschine kann entweder von unter oder von über Tage aus betrieben werden.

Um mit der Teleremote-Funktion konsistente Ergebnisse zu erzielen, rückt die Notwendigkeit einer Implementierung der Onboard-Funktionalitäten in den Fokus. Dies ermöglicht die Festlegung von Prozessen zur Auswertung von Informationen – von der Planung bis zur Ausführung.

Wie erfolgreich die Implementierung des Control Towers ist, hängt von verschiedenen Parametern ab, wie z. B. der Infrastruktur (Wasser, Energie, Netzwerk usw.), den Fertigkeiten der Bediener, der Wartungsunterstützung, den Planungs- und Einplanungsprozessen, dem Zustand der Maschinen und dem Produktionsplan. Die Lernkurve kann je nach Engagement aller Abteilungen des Bergbaubetriebs bis zur korrekten Nutzung des Systems Monate dauern. Es ist wichtig zu verstehen, wie die Produktions- und Produktivitätskennzahlen heute als Ausgangsbasis aussehen und welche Erwartungen bestehen, um jegliche Art von KPIs festzulegen.

Eine weitere Funktion des Control Towers bezieht sich auf die Remote-Instandhaltungsfunktion. Hierdurch können große

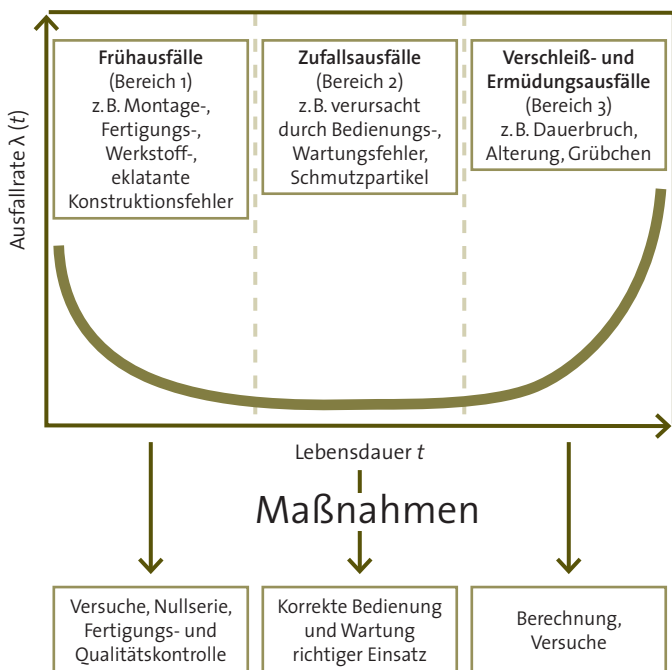


Fig. 3. Bathtub curve. // Bild 3. Die „Badewannenkurve“.  
Source/Quelle: Epiroc

other hand in the area of random failures as well as the area of wear and fatigue failures. The first area is characterized by a degressive course, the second by a constant course and the third by a progressive course. The reasons for the failures in each area and the measures to be taken for prevention are shown in the figure.

By using the Teleremote Maintenance feature within the Control Tower, it is possible to flatten the entire curve so that the error rate will shrink to a minimum in the area of random defaults.

Another integral part of the Control Tower is the Mobilaris software with the associated hardware components. With the help of Mobilaris, various functions that can increase the safety and efficiency of mining and tunneling companies can be bundled within the Control Tower. These include:

- Real-time situation analysis: Processes that are slowed down by unnecessary interruptions or delays can be made more efficient.
- Short-term planning: Planning can be adjusted during the shift.
- Optimized machine utilization: Analyzes machine data and performs an actual-target comparison.
- Ventilation on Demand: Through system integration, the ventilation can be adjusted to the actual consumption required.
- Emergency evacuation: Within the software there is a module that is designed for cases of disruption and initiates necessary steps.
- Machine localization and control: this allows the automation of machine functions by means of communication with the environment and with each other.

## Summary

In summary, the Control Tower is a tool for underground mining and tunneling operations that connects the planning cycle, order assignment, remote maintenance/servicing, machine control

Kostenvorteile erwirtschaftet werden, die sich vor allem auf die Stillstandskosten der Maschinen beziehen. Die Stillstandskosten setzen sich aus verschiedenen Kostenarten zusammen, wie z.B. Ausfallkosten, Wiederanlaufkosten und Opportunitätskosten hinsichtlich des Stillstands. Die Stillstandskosten sind abhängig von der Verfügbarkeit der Maschine und den Stillstandszeiten. Eine große Rolle spielt also die Verfügbarkeit einer Anlage. Diese wird als die Wahrscheinlichkeit oder das Maß, dass das System bestimmte Anforderungen zu bzw. innerhalb eines vereinbarten Zeitrahmens erfüllt, definiert. Somit steht die Verfügbarkeit einer Anlage in enger Beziehung zur Ausfallrate. Steigt die Ausfallrate, so sinkt die Verfügbarkeit und anders herum.

Die Ausfallrate soll das gesamte Ausfallverhalten einer Anlage erfassen. Wird ihre Entwicklung über die Lebensdauer gezeigt, ergibt sich immer ein ähnlicher Kurvenverlauf (Bild 3).

Diese Kurve wird als „Badewannenkurve“ bezeichnet und ist in drei Bereiche eingeteilt. Zum einen in den Bereich der Frühausfälle und zum anderen in den Bereich der Zufallsausfälle sowie den Bereich der Verschleiß- und Ermüdungsausfälle. Den ersten Bereich kennzeichnet ein degressiver, den zweiten ein konstanter und den dritten ein progressiver Verlauf. Die Gründe für die Ausfälle in den einzelnen Bereichen und die Maßnahmen, die zur Prävention zu ergreifen sind, werden durch die Abbildung ersichtlich.

Durch den Einsatz der Teleremote-Instandhaltungsfunktion innerhalb des Control Towers ist eine Abflachung der gesamten Kurve möglich, sodass sich die Fehlerrate vor allem im Bereich der Zufallsausfälle auf ein Minimum reduzieren lässt.

Ein weiterer integrierter Bestandteil des Control Towers ist die Software Mobilaris mit den dazugehörigen Hardwarekomponenten. Mithilfe von Mobilaris können verschiedenste Funktionen, welche die Sicherheit und Effizienz in Bergbau- und Tunnelbauunternehmen steigern können, innerhalb des Control Towers gebündelt werden. Darunter fallen:

- Echtzeit-Situationsanalyse: Abläufe, die durch unnötige Unterbrechungen oder Verspätungen, verlangsamt werden, können effizienter gestaltet werden.
- Kurzzeit-Planung: Planungen können während der Schicht angepasst werden.
- Optimierte Maschinennutzung: Analysiert Maschinendaten und führt einen Ist-Soll-Vergleich durch.
- Ventilation on Demand: Durch die Systemintegration kann die Bewetterung auf den wirklich benötigten Verbrauch eingestellt werden.
- Notfall-Evakuierung: Innerhalb der Software gibt es ein Modul, welches auf Störungsfälle ausgelegt ist und notwendige Schritte in die Wege leitet.
- Maschinenlokalisierung und -steuerung: Hierdurch kann die Automatisierung der Maschinenfunktionen mithilfe der Kommunikation mit der Umwelt sowie untereinander gewährleistet werden.

## Zusammenfassung

Zusammengefasst handelt es sich bei dem Control Tower um ein Tool für Bergbau- und Tunnelbaubetriebe unter Tage, das den Planungszyklus, die Auftragszuweisung, die Remote-Instandhaltung/Wartung, die Maschinensteuerung sowie die Daten-



Fig. 4. The Epiroc Control Tower connects the planning cycle, order assignment, remote maintenance/ servicing, machine control and data processing unit. Bild 4. Der Control Tower von Epiroc verbindet den Planungszyklus, die Auftragszuweisung, die Remote-Instandhaltung/Wartung, die Maschinensteuerung sowie die Datenverarbeitungseinheit miteinander. Source/Quelle: Epiroc

and data processing unit (Figure 4). As a result, the efficiency and safety in the companies can be significantly improved. In total, more than 20 control towers are in use or in planning worldwide, so that empirical values are already being used today.

#### Authors / Autoren

Dipl.-Ing. Joel Fuchs und Dipl.-Ing. Christel Füllenbach,  
Epiroc Deutschland GmbH, Essen/Germany

verarbeitungseinheit miteinander verbindet (Bild 4). Hierdurch können die Effizienz und Sicherheit in den Betrieben maßgeblich verbessert werden. Insgesamt sind weltweit schon über 20 Control Tower im Einsatz bzw. in Planung, sodass heute bereits auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden kann.