

From Dog Hole to Zero Entry Mining

This paper builds the bridge in mining developments from the 1980s to the present and to what will happen in the future. It not only includes technical developments but especially social

ones. The article is the conclusion of the author's presentation, given at the "Forum Bergbau 4.0" conference of the RWTH Aachen University on 1st December 2015.

Von der Zeche Eimerweise zur Zero-Entry Mine

Der vorliegende Beitrag schlägt den Bogen der Entwicklungen im Bergbau seit den 1980er Jahren über die Gegenwart hin zu dem, was für die Zukunft zu erwarten ist. Dabei berücksichtigt er nicht nur die technischen, sondern insbesondere auch die ge-

sellschaftlichen Entwicklungen. Bei dem Artikel handelt es sich um die Zusammenfassung eines Vortrags des Autors im Rahmen des Kolloquiums Forum Bergbau 4.0 der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen am 1. Dezember 2015.

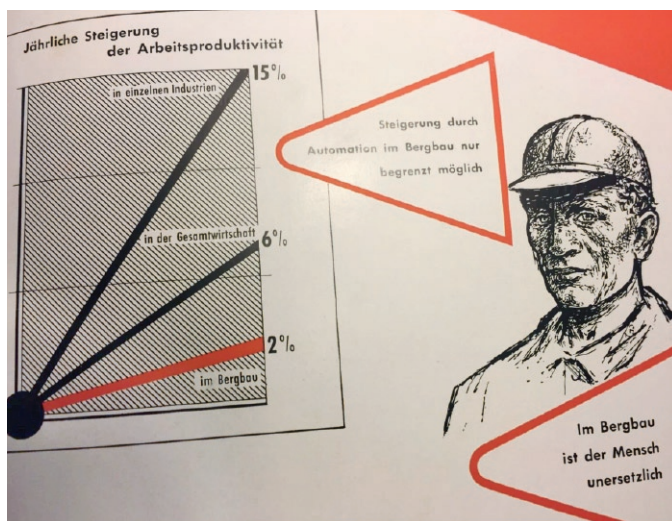


Fig. 1. Mining 0.0. // Bild 1. Bergbau 0.0. Source/Quelle: Privat

Where do we come from?

The German mining industry in the 1980's was massive and employed more than 300.000 blue collar workers in the coal-, lignite-, potash-, uranium and copper mines; most of them underground. The mining process was mechanized, not automated. Data processing was analog, global logistics have been rudimentary. It was firmly believed, that productivity gains in the mining industry have to be below industry average. Human resources have been considered to be unreplaceable (Figure 1). This situation can be described as mining 0.0 or as "dog hole mining".

Where are we now?

More than 30 years later we have to admit, that this forecast proved to be wrong. Jobs in the German mining industry have

Wo kommen wir her?

In den 1980er Jahren war der Bergbau in Deutschland eine bedeutende Industrie mit mehr als 300.000 Arbeitern in den Produktionsbetrieben des Stein- und Braunkohlenbergbaus, des Salzbergbaus sowie des Uran- und Kupferbergbaus. Der Bergbau war mechanisiert, nicht automatisiert. Die Datenverarbeitung erfolgte analog, die globale Logistik steckte in den Kinderschuhen. Es existierte die tiefsitzende Überzeugung, dass Produktivitätsfortschritte im Bergbau unterdurchschnittlich sein müssen. Der Mensch im Bergbau sei unersetzlich (Bild 1). Man kann diese Situation als Bergbau 0.0 bezeichnen oder auch als „Zeche Eimerweise“.

Wo stehen wir?

Mehr als 30 Jahre später können wir feststellen, dass diese Einschätzung unzutreffend war. Die Anzahl der Arbeitsplätze im Bergbau Deutschlands ist auf weniger als ein Zehntel geschrumpft. Beispielsweise stieg die Produktivität im europäischen tiefen Untertage-Bergbau bei Steinkohle um 300% (Bild 2) und im globalen Kupferbergbau um mehr als 1.000% (Bild 3). Es heißt, dass jeder Vergleich hinkt, aber der Trend ist eindeutig.

Die Treiber für diesen gewaltigen Fortschritt sind im Folgenden beschrieben.

Große Fortschritte in der Prozesssteuerung durch die logische Verknüpfung von Sensoren und Aktoren in intelligenten Regelkreisen haben den Joystick zum modernen Äquivalent von Schlägel und Eisen gemacht (Bild 3). Heute fahren Betriebsmittel unter Tage nicht nur ferngesteuert, sondern autonom durch das Bergwerk. Regelkreise haben auch die Antriebstechnik revolutioniert. So erhöhen beispielsweise frequenzgesteuerte Drehstrommotoren die mögliche Leistungsdichte von Antrieben und damit die Produktivität der damit betriebenen Maschinen. Lagerstätten sind durch verbesserte Untersuchungsmethoden, wie

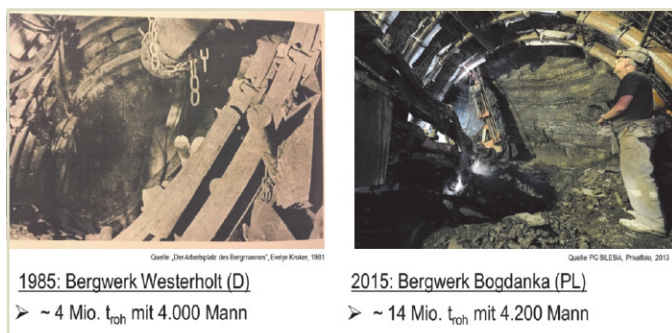


Fig. 2. Increase in performance – example hard coal mining.
Bild 2. Leistungssteigerung – Beispiel Steinkohlenbergbau.



Fig. 3. Increase in performance – example copper mining.
Bild 3. Leistungssteigerung – Beispiel Kupferbergbau.

been slashed to less than 10%. At example productivity in the deep European hard coal mining industry went up by 300%, (Figure 2) and in global copper mining by more than 1,000% (Figure 3). You can say, this is apple to pear comparison, but the trend is fundamental and clear.

The main drivers for these productivity gains are as following.

Process control by closed loop control systems made the joystick to the modern day's equivalent of pick and shovel (Figure 3). Today mining equipment is not only remote control, but autonomously working. Closed loop control systems have also revolutionized drive systems. Variable Frequency Drives (VFD) increased the controlled power of mining systems drastically and therefore its productivity.

Three dimensional seismic (3D seismic) delivers detailed information of the ore body. In combination with finite element modelling (FEM) of the ore body the issues of ground control are much better understood. Consequently the forecast of rock mass movement and necessary reinforcement is dramatically enhanced. By introducing bolting technology all over the world the last generation of underground mining engineers greatly reduced the obstacles of rock mass movement to the mining process (Figure 2).

The arising of a global logistics system for bulk material is the most important driver for the productivity gains of the last decades. Only with these logistics it became possible to focus on the mining districts with the potential for automation. Mining districts not wanting or not being able to apply the aforementioned technological trends have been pushed out of the global markets.

Where do we want to go?

Labelling the situation described in the last chapter as mining 4.0, the question arises in which direction mining 5.0 should go.

To deploy autonomous technology on a broad scale, which means to introduce "zero entry mining", needs innovation at the interface machine – rock masses. While in medieval times mining engineers used Aaron's rod to follow the veins, nowadays measurement while drilling (MWD) systems identify rock properties by geophysics (Figure 4). These MWD systems not only measure the properties of the rock masses but control the drill bit. The direction of the drill bit is changed with downhole tools as geophysical information is gathered. It is still a long way to go before all mining tools follow autonomously the veins respectively seams,

die dreidimensionale Reflexionsseismik, besser erkundet. Finite Elemente-Modellierungen erlauben ein besseres Verständnis der Wechselwirkungen von Hohlräumstellungen und Entlastungsbewegungen des Gebirges. Mit der in der letzten Generation von Bergingenieuren weltweit flächendeckend eingeführten Anker-technik kann dann das durch Erkundung und Gebirgsmechanik beschriebene Gebirge so verstärkt werden, dass seine Verformungen den bergmännischen Prozess nicht stören (Bild 2).

Sehr bedeutend für die Leistungssteigerung im weltweiten Bergbau ist die Entwicklung einer globalen Logistik für den Handel mit Rohstoff. Nur dadurch war es in den letzten 30 Jahren möglich, den Bergbau auf diejenigen Lagerstätten zu konzentrieren, welche die oben genannten Produktivitätstreiber auch einsetzen konnten. Dadurch sind die Reviere, die moderne Technologien nicht anwenden konnten oder wollten, vom Markt verdrängt worden.

Wo wollen wir hin?

Wenn man den Stand der Rohstoffindustrie von heute mit dem Label 4.0 versieht, fragt man sich, was dann wohl der Bergbau 5.0 noch bringt.

Für die Weiterentwicklung der Regelkreise hin zum flächendeckenden Einsatz autonomer Systeme, auch Zero-Entry Mine genannt, muss die Kommunikation Maschine-Gebirge verbessert werden. Was früher Aufgabe der Wünschelrute war, nämlich das Aufsuchen der Wertstoffe, leisten heute hochkomplexe geophysikalische Messeinrichtungen hinter dem Bohrkopf. „Measurement While Drilling“ (MWD)-Systeme messen und steuern das Bohrwerkzeug. Hier besteht noch ein weites Entwicklungsfeld, bis am Ende jedes Gewinnungswerkzeug mannos dem Wertstoff folgt (Bild 4). Mit einer solch präzisen Bestimmung der Produktqualität im Bergwerk kann dann auch über einen rückgekoppelten Regelkreis die erste Veredelungsstufe gesteuert werden. Beispielsweise kann so die Erzqualität die Flotationszelle regeln oder – anders herum – kann dann Druck und Temperatur des Kessels im Kohlekraftwerk die Fahrweise des Baggers im Tagebau steuern.

Diese Verbesserung der Regelkreise ist ein wichtiger Beitrag zur Verringerung der Umweltbeeinflussung durch den Bergbau. Es ist ein grundsätzliches Problem, dass nur ein sehr geringer Teil der Bergwerksproduktion werthaltig ist. Beispielsweise fördert ein Kohlebergwerk viel Wasser, viel taubes Material und viel Asche. Bei der Verbrennung der Kohle im Kraftwerk entsteht Kohlendioxid. Dabei will der Endkunde eigentlich nur Kilowattstunden. Ein Kupferbergwerk produziert für 1 kg Kupfer 100 kg metallhaltigen, sauren

but advanced MWD technology shows the way. Closed loop controls can connect the mining face to the first refinement step in the downstream process. At example can detailed knowledge on the quality parameters of the ore body control the reagents in the flotation cell. It works also the other way around. Pressure and temperature conditions as well as flu gas composition in the boiler of a thermal power plant can control the shovel sequence in the coal pit.

Increased process control is an important contribution to environmental protection. Mining has the fundamental problem, that every mining process produces much more waste than product. A coal mine produces water, waste rock and ash. The power plant emits CO₂. But the customer wants and pays only electrical energy. A copper mine produces 100 kg tailings for 1 kg copper. Water, sulfuric acid and slag are other byproducts of copper. Unfortunately nearly all byproducts of the mining process have the potential to pollute the environment. Also land use and mining-induced ground movement challenge the “social license to operate”. In the future we will see more “minimal-invasive” mining. The extraction process will increasingly focus on the product. Borehole mining for geothermal energy, coal seam gas or in-situ leaching of metals or salt would be examples of such technologies.

Summary

While every forecast is wrong, as seen in the first chapter, it is important to identify trends. In the future self-learning systems will allow zero-entry mining with autonomous technology. The ecological footprint will be reduced by “minimal-invasive” mining methods. When Stanley Kubrick told the Space Odyssey saga in the 1960s, nobody could believe that the control computer of the space ship learned, developed its own personality and finally overtook control of the space craft.

Today we know that autonomous or zero entry mining is possible. Why should it not be industry standard in another 30 years' time?

Author / Autor

Dr. Thomas Lautsch, Geschäftsführer der Deutschen Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Peine



Fig. 4. What is still missing. // Bild 4. Was noch fehlt.

Schlamm, dazu wird Wasser aus der Grube gepumpt. In der Hütte entsteht Schwefeldioxid und Schlacke. Unglücklicherweise haben die Nebenprodukte, wie Grubenwasser, Asche, Schlamm und Kohlendioxid, fast immer unerwünschte Nebenwirkungen. Darüber hinaus verändern Bergwerke die Landschaft, entweder radikal wie der Tagebau oder graduell wie der Tiefbau. Themen wie Umsiedlungen oder bergbauinduzierte Bodenbewegungen verlieren immer weiter an Akzeptanz in der Gesellschaft. Die „gesellschaftliche Betriebs-erlaubnis“ droht zu erlöschen. Die Zukunft wird zunehmend „minimal-invasiven“ Bergbau sehen, mit einer Konzentration auf das Wesentliche. Bohrlochbergbau auf Geothermie oder Kohleflözgas sind Beispiele für diesen Gedanken, so wie auch In situ-leaching, die untertägige Laugung von Metallen oder Salzen.

Fazit

Jede Prognose ist falsch, wohl auch diese. Trotzdem sind Prognosen zur Trendabschätzung wichtig. Verbesserte Regelkreise, in Zukunft auch mit der Fähigkeit zu lernen, werden die Zero-Entry Mine ermöglichen. Minimal-invasiver Bergbau wird den ökologischen Fußabdruck deutlich reduzieren. Wer das nicht glaubt, möge sich an den Science Fiction-Film „Odyssee im Weltraum“ von Stanley Kubrick erinnern. Keiner hielt es in den 1960er Jahren für möglich, dass der Computer des Raumschiffs den Kommandeur entmachtete und mit eigenem Willen ausgestattet die Reise fortsetzt.

Heute wissen wir, dass die mannlose Gewinnung mit der autonomen Verfolgung des Wertstoffs möglich ist. Warum soll sie in 30 Jahren nicht Realität sein?