



issa | INTERNATIONAL SOCIAL SECURITY ASSOCIATION

International Section on Prevention in the Mining Industry

www.issa.int/prevention-mining

VISION ZERO.

Safety and Health in Mining

Safe and healthy jobs in mining, worldwide: that is the aim of the International Section of the ISSA on Prevention in the Mining Industry, in short ISSA Mining. As a not-for-profit organization, ISSA Mining unites operators, sector associations, experts and regulators to improve occupational safety and health as well as emergency response by means of international exchange on good practice, proven strategies and training concepts. ISSA Mining is one of thirteen prevention sections of the Social Security Association, headquarters in Geneva.

In this section of Mining Report Glückauf we will regularly introduce innovations, new findings and trends from an international point of view, helping to design mining work safer and health supporting.

Do you know of more efficient examples? We are looking forward to your advice as well as your feedback on this section. Send an e-mail to helmut.ehnes@issa-mining.org.

Sicherheit und Gesundheit im Bergbau

Sichere und gesunde Arbeitsplätze im Bergbau, weltweit: das ist das Ziel der International Section of the ISSA on Prevention in the Mining Industry, kurz ISSA Mining. Als Non Profit-Organisation vereint ISSA Mining Unternehmen, Branchenverbände, Experten sowie Regelsetzer, um durch den internationalen Austausch von Guter Praxis, bewährten Strategien und Ausbildungskonzepten den Arbeitsschutz und das Rettungswesen zu verbessern. ISSA Mining ist eine von dreizehn Sektionen für Prävention unter dem Dach der International Social Security Association mit Sitz in Genf.

In dieser Rubrik stellen wir Ihnen regelmäßig Innovationen, neue Erkenntnisse und Trends aus dem internationalen Umfeld vor, die dabei helfen, die Arbeit im Bergbau sicherer und gesundheitsgerecht zu gestalten.

Kennen Sie weitere wirksame Beispiele aus der Praxis? Über Ihre Hinweise freuen wir uns ebenso wie über Rückmeldungen zu dieser Rubrik. Senden Sie eine E-Mail an: helmut.ehnes@issa-mining.org.

Jens Kegenhoff, Matthias Papesch

Challenge to Ventilation due to new Workplace Limits

In the past, working under precarious health conditions was part of everyday life in many areas of work and is still present today in many countries. Many health risks associated with various naturally occurring or produced substances are only recognized over time. It is important to protect people from these risks. Through the publication of various "Technical Rules for Hazardous Substances" (TRGS), the Federal Institute for Occupational Safety and Health (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) has introduced occupational exposure limits (Arbeitsplatzgrenzwerte, AGW). According to the definition of the term "technical rules", these are to be understood as a recommendation or technical proposal. If AGWs are complied

with, it can be assumed that the individual hazardous substances do not have a negative effect on humans or the environment. In some cases protective measures must also be complied with. By constantly updating the rules on the basis of the current state of the art, people and the environment in Germany are protected on the one hand, while on the other hand the rules also represent a challenge in many areas of work. In the following, the current status of the technical rules in relation to ventilation in mining will be presented and their influences and challenges will be explained. What influence do the different rules have on the different work processes and what changes must be made if necessary?

Herausforderung an die Bewetterung durch neue Arbeitsplatzgrenzwerte

Arbeiten unter gesundheitlich bedenklichen Bedingungen war in der Vergangenheit in vielen Arbeitsbereichen Alltag und ist in vielen Ländern heutzutage immer noch präsent. Viele gesundheitliche Risiken, die im Zusammenhang mit verschiedenen natürlich vorkommenden oder erzeugten Stoffen stehen, werden erst im Lauf der Zeit erkannt. Es ist wichtig, Menschen vor diesen Risiken zu schützen. Durch die Veröffentlichung von diversen „Technischen Regeln für Gefahrstoffe“ (TRGS) führt die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin u.a. Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) ein. Diese sind gemäß Definition des Begriffs „technische Regeln“ als eine Empfehlung bzw. technischer Vorschlag zu verstehen. Wenn AGW eingehalten werden, kann davon ausgegangen

werden, dass sich die einzelnen Gefahrstoffe nicht negativ auf den Menschen oder die Umwelt auswirken. Teilweise müssen hierzu auch Schutzmaßnahmen eingehalten werden. Durch die ständige Aktualisierung der Regeln auf Basis des aktuellen Stands der Technik werden Mensch und Umwelt in Deutschland einerseits geschützt, andererseits stellen die Regeln in vielen Arbeitsbereichen gleichzeitig auch eine Herausforderung dar. Im Folgenden wird der aktuelle Stand der technischen Regeln in Bezug auf die Bewetterung im Bergbau dargelegt und deren Einflüsse und Herausforderungen werden erläutert. Was haben die verschiedenen Regeln für einen Einfluss auf die unterschiedlichen Arbeitsprozesse und welche Änderungen müssen ggf. durchgeführt werden?

1 Introduction

New occupational exposure limit values apply to the whole industry. Already for electrical installation work on construction sites during the milling of slots, the new limit values mean an adaptation of the previous construction sequence. In other industrial sectors, the effort is much more extensive, as these are linked to many peripheral conditions. In tunnel construction, e.g., access to the workplace is restricted and project planners and health protection coordinators are faced with major tasks.

In mining, however, the most difficult conditions arise. Many workplaces with a wide variety of requirements are located in underground operations with severely restricted access to supplies.

For over a year now, many companies and mining groups have been working together with machine manufacturers, health protection specialists and government agencies on future-oriented solutions to implement the new workplace limits in mining and at the same time be competitive on the international market.

But what are the current rules and how must ventilation be changed?

2 Rules/Limit values

Health protection in mining is regulated by the Health Protection – Mining Ordinance (Gesundheitsschutz-Bergverordnung – GesBergV) with the Hazardous Substances Ordinance. However, this does not itself contain any direct occupational exposure limits, but refers to the Technical Rules for Hazardous Substances (Technische Regeln für Gefahrstoffe – TRGS).

The decisive factors for ventilation and air quality are individual factors:

- TRGS 400: Risk assessment for activities with hazardous substances;
- TRGS 402: Determination and assessment of hazards during activities with hazardous substances: Inhalative exposure;
- TRGS 554: Exhaust gases from diesel engines (new since January 2019);
- TRGS 559: Mineral dust;
- TRGS 900: Occupational exposure limit values;
- TRGS 906: List of carcinogenic activities or processes according to §3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV.

If the rules specified in the TRGS are complied with the actual technic, it can be assumed that the requirements are met and no further measures are required.

In particular, nitrogen oxides (mainly after blasting), diesel emissions (transport vehicles, mining machinery, etc.) and dust pose a major challenge for mining. Dust containing quartz is classified as carcinogenic.

Since May 2016 with entry into force on 4th November 2016, the TRGS 900 has set the workplace limit values for nitrogen monoxide (NO) at 2ml/m³ (ppm) and nitrogen dioxide (NO₂) at 0.5 ml/m³ (ppm). Diesel engine emissions were reduced to 50 mg/m³ = 0.05 g/m³ in May 2017. These values are currently valid and must be adhered to in industry.

In addition, the new TRGS 554 came into force in January 2019. Here the definition of “exhaust gases from diesel engines” is further concretized. Essentially, exhaust gases from diesel engines

1 Einleitung

Neue Arbeitsplatzgrenzwerte gelten für die gesamte Industrie. Bereits für elektrische Installationsarbeiten auf Baustellen während Fräsarbeiten bedeuten die neuen Grenzwerte ein Anpassen des bisherigen Bauablaufs. In anderen Industriesparten ist der Aufwand wesentlich umfangreicher, da diese mit vielen Peripheriebedingungen verknüpft sind. Im Tunnelbau ist beispielsweise der Arbeitsplatz nur eingeschränkt erreichbar und stellt die Projektplaner und Gesundheitsschutzkoordinatoren vor größere Aufgaben.

Im Bergbau stellen sich jedoch mit die schwierigsten Bedingungen ein. Viele Arbeitsstellen mit unterschiedlichsten Anforderungen befinden sich in einem untertägigen Betrieb mit stark eingeschränkten Versorgungszugängen.

Seit über einem Jahr arbeiten viele Betriebe und Bergbaukonzerne gemeinsam mit Maschinenherstellern, Gesundheitsschutzspezialisten und behördlichen Stellen an zukunftsorientierten Lösungen, um die neuen Arbeitsplatzgrenzwerte im Bergbau umsetzen zu können und gleichzeitig auf dem internationalen Markt wettbewerbsfähig zu sein.

Doch welche Regeln gelten derzeit und wie muss die Bewetterung verändert werden?

2 Regeln/Grenzwerte

Den Gesundheitsschutz im Bergbau regelt die Gesundheitsschutz-Bergverordnung (GesBergV) mit der Gefahrstoffverordnung. Diese enthält selbst allerdings keine direkten Arbeitsplatzgrenzwerte, sondern verweist auf die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS).

Maßgeblich für die Bewetterung bzw. Luftqualitäten sind im Einzelnen:

- TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen,
- TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition,
- TRGS 554: Abgase von Dieselmotoren (neu seit Januar 2019),
- TRGS 559: Mineralischer Staub,
- TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte,
- TRGS 906: Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach §3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV.

Werden die in der TRGS angeführten Regeln technisch eingehalten, kann davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen erfüllt und keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind.

Für den Bergbau stellen sich insbesondere die Stickoxide (hauptsächlich nach Sprengungen), die Dieselemissionen (Transportfahrzeuge, Bergbaumaschinen etc.) sowie Stäube als große Herausforderung dar. Stäube mit Quarzanteil sind als krebserregend eingestuft.

Seit Mai 2016 mit Inkraftsetzung zum 04. November 2016 setzt die TRGS 900 die Arbeitsplatzgrenzwerte für Stickstoffmonoxid (NO) auf 2 ml/m³ (ppm) und Stickstoffdioxid (NO₂) auf 0,5 ml/m³ (ppm) fest. Die Dieselmotoremissionen wurden im Mai 2017 auf 50 mg/m³ = 0,05 g/m³ gesenkt. Diese Werte sind derzeit gültig und in der Industrie einzuhalten.

Zusätzlich ist seit Januar 2019 die neue TRGS 554 in Kraft getreten. Hier wird die Begriffsbestimmung „Abgase von Dieselmotoren“ weiter konkretisiert. Im Wesentlichen enthalten Abgase von Dieselmotoren demnach Dieselrußpartikel, NO, NO₂, Kohlen-

contain diesel soot particles, NO, NO₂, carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO₂). The term "diesel soot particles" corresponds to the term "diesel engine emissions" in the sense of TRGS 900. Also in TRGS 554 the AGW for diesel soot particles according to TRGS 900 in the amount of 50 µg/m³ (A) and the AGW mentioned above for NO and NO₂ are now mentioned. It is stated that no acute or chronic effects on the health of employees are to be expected if the AGW is complied with and that therefore no carcinogenic activity according to TRGS 906 is present.

Since 2016, a five-year transitional period until 2021 has applied to mining operations. At the end of 2019, the measures implemented to date by mining operations will be reviewed.

CO emissions are also expected to be reduced from currently 30 to 20 ppm.

What difficulties or influences are the limit values associated with in the ventilation of the mines?

3 Influences on the ventilation of a mine operation

If the mining operation's extraction capacity is not to be reduced by using the current equipment underground, an increase in the volume of fresh air by a factor of eight to ten would be necessary in most operations. This cannot be achieved for various reasons. An economical solution lies in the optimization of all individual components which have a direct or indirect influence on the ventilation. When considering the three main emitters of explosive gases, diesel exhaust gases and dusts, the main problems of limit value reduction become clear.

Since only the influence on ventilation is brought into connection here, the aspect of an operational restriction of the use of explosives and diesel vehicles is not pursued further.

3.1 Explosive Gases

While on most tunnel construction sites explosive gases can be released relatively quickly into the open air, in underground mines the extensive network of tunnels and chambers is more problematic. The nitrogen oxides (NO_x) spread increasingly and remain in the pit for a long time due to relatively low weather speeds. The working areas in the rear area are directly affected. K+S AG has already successfully developed a new explosive to reduce NO_x during blasting. Any remaining NO_x must now be carefully guided out into the open. The ideal solution for this would be a free cross-section that is not integrated into working operation. For many companies, however, this means a massive change in the complete weather conditions. A local bridging of the work places located in the exhaust air direction by means of additional air ducting seems possible at first glance in individual cases. However, the actual concentrated collection of the explosive gases must be realized as well as leakage-free ducting as far as possible, as otherwise a minimum concentration due to overpressure in the duct runs in a circle and remains in the tunnel. The new limit values should not be underestimated at such points. For this reason, this variant should be carefully considered and implemented only as an emergency solution.

3.2 Diesel emissions

As a result of the progressive mechanization of mines, more and more diesel-powered vehicles are being used for transport, load-

stoffmonoxid (CO) und Kohlenstoffdioxid (CO₂). Der Begriff „Dieselrußpartikel“ entspricht im Sinne der TRGS 900 dem Begriff „Dieselmotoremissionen“. Auch in der TRGS 554 werden nun die AGW für Dieselrußpartikel gemäß TRGS 900 in Höhe von 50 µg/m³ (A) und die o.g. AGW für NO und NO₂ erwähnt. Es wird festgehalten, dass bei Einhaltung der AGW keine akuten oder chronischen Auswirkungen auf die Gesundheit von Beschäftigten zu erwarten sind und somit keine krebserzeugende Tätigkeit nach TRGS 906 vorliegt.

Für den Bergbau gilt seit 2016 eine fünfjährige Übergangsfrist bis 2021. Ende 2019 werden die bis dato umgesetzten Maßnahmen der Bergbaubetriebe geprüft.

Voraussichtlich sollen die Kohlenmonoxide ebenfalls gesenkt werden von derzeit 30 auf 20 ppm.

Mit welchen Schwierigkeiten bzw. Einflüssen in der Bewetterung der Grubenbetriebe sind die Grenzwerte verbunden?

3 Einflüsse auf die Bewetterung eines Grubenbetriebs

Wenn die Förderleistung des Bergbaubetriebs mit dem Einsatz der derzeitigen Geräte unter Tage nicht verringert werden soll, wäre rein rechnerisch eine Frischluftmengenerhöhung des acht- bis zehnfachen in den meisten Betrieben notwendig. Dies ist aus verschiedenen Aspekten nicht zu realisieren. Eine wirtschaftliche Lösung liegt in der Optimierung aller Einzelkomponenten, die einen direkten oder indirekten Einfluss auf die Bewetterung ausüben. Bei Betrachtung der drei Hauptemittenten von Sprenggasen, Dieselabgasen und Stäuben werden die Hauptproblematiken der Grenzwertsenkung deutlich.

Da hier nur der Einfluss auf die Bewetterung in Zusammenhang gebracht wird, wird der Aspekt einer betrieblichen Einschränkung von Sprengstoff-, und Dieselfahrzeugeinsatz nicht weiter verfolgt.

3.1 Sprenggase

Während auf den meisten Tunnelbaustellen die Sprenggase relativ schnell ins Freie geführt werden können, ist im Bergbau unter Tage das weitverzweigte Netz der Stollen und Kammern problematischer. Die Stickoxide (NO_x) breiten sich verstärkt aus und verbleiben durch relativ niedrige Wettergeschwindigkeiten lange in der Grube. Die im rückwärtigen Bereich befindlichen Arbeitsstellen sind direkt betroffen. Eine Verminderung der Stickoxide bei der Sprengung ist bereits bei der K+S AG durch einen neuen Sprengstoff erfolgreich entwickelt worden. Verbleibende Stickoxide müssen nun sorgfältig geführt ins Freie gebracht werden. Dafür wäre ein nicht im Arbeitsbetrieb eingebundener freier Querschnitt die Ideallösung. Dies bedeutet allerdings für viele Betriebe eine massive Veränderung der kompletten Wetterführung. Ein örtliches Überbrücken der in der Abwetterrichtung befindlichen Arbeitsstellen mittels zusätzlicher Sonderbewetterung scheint bei erster Betrachtung im Einzelfall möglich. Dabei sind allerdings sowohl die eigentliche konzentrierte Erfassung der Sprenggase zu realisieren, als auch weitestgehend eine leakagefreie Luttenführung, da ansonsten eine Mindestkonzentration durch Überdruck in der Lutte im Kreis läuft und im Stollen verbleibt. Die neuen Grenzwerte sind gerade an solchen Stellen nicht zu unterschätzen. Aus diesem Grund sollte diese Variante sorgfältig durchdacht und nur als Notlösung umgesetzt werden.

3.2 Deselemissionen

Die fortschreitende Mechanisierung der Gruben hat zur Folge, dass

ing, mining or as semi-mobile equipment underground. In order to comply with the new DME limit values with the same existing fresh air, about six to seven out of ten vehicles would have to be decommissioned. According to TRGS 554, each vehicle must be supplied with a minimum quantity of fresh air to be delivered into the working area – in mining 3,4 m³/min/DkW. In order to remain with diesel-powered vehicles, the manufacturers of the engines are of course first and foremost called upon to reduce emissions. Realistically speaking, it is not possible to reduce emissions to 1/10. But each approach in the sub-areas leads to a possible superordinate multiple solution. The new TRGS 554 of January 2019 has also been extended to include the definition of the “DeNO_x system”. These are exhaust aftertreatment systems to reduce emissions of NO_x.

A conversion to electric vehicles can become a mammoth project for the mine from various aspects. Charging stations, e.g., have to be set up that place higher demands on the electrical supply to the mine and work processes have to be logistically adapted to the power and mileage of the electric vehicles. Electric vehicles for demanding operations are not yet fully available for all areas.

In terms of ventilation, completely different questions arise: How can an electric vehicle that has caught fire be safely extinguished? What flue gases do they produce? These questions remain unanswered at this stage.

Irrespective of various partial solutions, the operation of vehicles must be optimised by means of ventilation management. Each company must evaluate the depth at which this is carried out and the aids used to do so, for itself and for the specific requirements.

Real-time sensors for measuring local pollutant concentrations are an aid for partially or completely intelligent weather control. Depending on the existing digitalized weather network, these can be integrated and contribute efficiently to the optimization of the available weather for vehicle use.

3.3 Dust

The measurement of dust takes place over a certain period of time and is evaluated retrospectively. A recognized real-time measurement is currently not available and can therefore not be integrated into a sensor system for flexible ventilation optimization. Dust should be avoided as far as possible or collected and filtered directly at the point of origin. Otherwise, it is difficult to comply with the limit values. Fixed installations, such as belt transfers or drilling rigs, are technically easy to remove dust from. It becomes more difficult with roadheaders/continuous miners (CM) or dusts from driving distances. Enclosure is only partially possible or difficult to implement. Especially with the CM, a certain peripheral dust development is almost unavoidable during the first cutting. The machine operator is in the endangered area due to the proximity to the cutting head. This is not a new problem, but with new limits it is all the more acute.

4 Ventilation problems

Undoubtedly, an increase in the amount of weather for the entire pit by about ten times is not feasible. Mining companies must pursue a multiple solution strategy in order not to change the entire

sich immer mehr dieselbetriebene Fahrzeuge für Transporte, Lavorgänge, Abbau oder als semimobile Einsatzgeräte unter Tage befinden. Um mit der gleichen vorhandenen Frischluft die neuen DME-Grenzwerte einzuhalten, wären etwa sechs bis sieben von zehn Fahrzeugen stillzulegen. Gemäß TRGS 554 ist jedem Fahrzeug eine in den Arbeitsbereich zu liefernde Mindestfrischluftmenge zuzuführen – im Bergbau 3,4 m³/min/DkW. Um bei dieselbetriebenen Fahrzeugen zu bleiben, sind natürlich in erster Linie die Hersteller der Motoren gefragt, um die Ausstoßemissionen zu senken. Realistisch gesehen, ist eine Reduzierung des Ausstoßes auf ein Zehntel nicht möglich. Doch jeder Ansatz in den Teilbereichen führt zu einer möglichen übergeordneten multiplen Lösung. Die neue TRGS 554 vom Januar 2019 wurde darüber hinaus um die Begriffsbestimmung „DeNO_x-System“ erweitert. Hierbei handelt es sich um Abgasnachbehandlungssysteme zur Verminderung der Emissionen von NO_x.

Eine Umstellung auf Elektrofahrzeuge kann aus verschiedenen Gründen ein Mammutprojekt für den Grubenbetrieb werden. So sind Ladestationen einzurichten, die höhere Anforderungen an die elektrische Grubenversorgung stellen, und Arbeitsprozesse auf die Kraft- und Laufleistungen der Elektrofahrzeuge logistisch abzustimmen. Noch sind elektrobetriebene Fahrzeuge für den anspruchsvollen Betrieb nicht für alle Bereiche voll verfügbar.

Wettertechnisch stellen sich komplett andere Fragen: Wie kann ein in Brand geratenes Elektrofahrzeug sicher gelöscht werden? Welche Rauchgase entstehen dabei? Diese Fragen bleiben zu diesem Zeitpunkt noch offen im Raum stehen.

Unabhängig von verschiedenen Teillösungen ist der Betrieb von Fahrzeugen durch die Betriebsführung wettertechnisch zu optimieren. In welcher Teufe und mit welchen Hilfsmitteln dies durchgeführt wird, muss jeder Betrieb für sich und die spezifischen Anforderungen evaluieren.

Ein Hilfsmittel zur teilweise oder gar vollständig intelligenten Wetterführung sind Echtzeitsensoren zur Messung der örtlichen Schadstoffkonzentrationen. Je nach vorhandenem digitalisiertem Wetternetz können diese eingebunden werden und effizient zur Optimierung der verfügbaren Wetter zum Fahrzeugeinsatz beitragen.

3.3 Stäube

Die Messung von Stäuben erfolgt über einen gewissen Zeitraum und wird rückwirkend ausgewertet. Eine anerkannte Echtzeitmessung ist derzeit nicht verfügbar und kann entsprechend nicht in ein Sensorsystem zur flexiblen Bewetterungsoptimierung eingebunden werden. Stäube sind weitestgehend zu vermeiden bzw. direkt an der Entstehungsstelle zu erfassen und zu filtern. Ansonsten sind die Grenzwerte nur schwerlich einzuhalten. Standortfeste Einrichtungen, wie z.B. Bandübergaben oder auch Bohrgeräte, sind technisch gesehen gut zu entstauben. Schwieriger wird es bei Teilschnittmaschinen (TSM)/Continuous Minern (CM) oder Stäuben aus Fahrstrecken. Eine Einhausung ist nur teilweise möglich bzw. schwer umzusetzen. Gerade bei den CM ist eine gewisse periphere Staubentwicklung beim Anschnitt fast unvermeidbar. Der Maschinenführer befindet sich aufgrund der Nähe zum Schneidkopf im gefährdeten Bereich. Dies ist kein neues Problem, allerdings ist es mit neuen Grenzwerten umso akuter.

4 Bewetterungsproblematiken

Unzweifelhaft ist eine Erhöhung der Wettermenge für die gesamte Grube um das etwa Zehnfache nicht durchführbar. Berg-

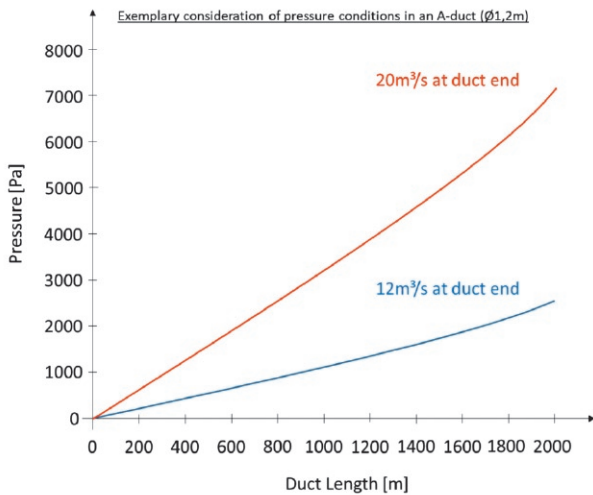


Fig. 1. Exemplary consideration of the pressure conditions as a function of the duct length. // Bild 1. Beispielhafte Betrachtung der Druckverhältnisse in Abhängigkeit von der Luttengänge.

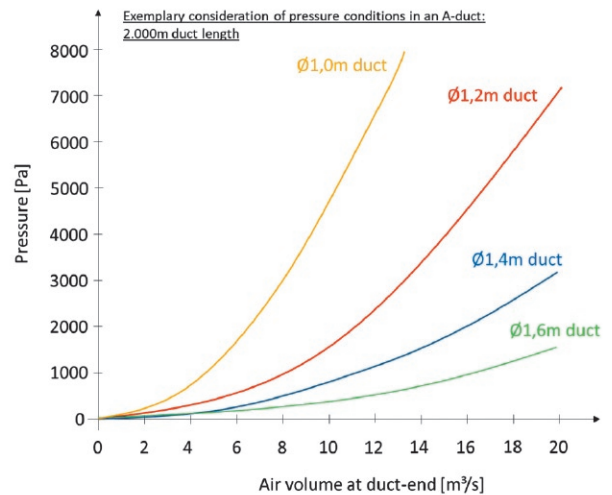


Fig. 2. Exemplary consideration of the pressure conditions as a function of the volume at the duct end. // Bild 2. Beispielhafte Betrachtung der Druckverhältnisse in Abhängigkeit vom Volumen am Luttendenende.

ventilation and operating concept. However, it will be necessary to locally increase main weather and special ventilation volumes.

4.1 Main weather

High main weather volumes imply high air velocities and higher operating pressures. The loads on the existing pit lining are increasing extraordinarily. Weather structures and shaft installations are subjected to higher loads and must be reinforced or renewed. The higher pressure at these structures also causes a higher leakage, so that seals need to be repaired. In some cases, it is no longer possible to work with higher speeds in the lines (permissible maximum speed for the weather in working areas < 6.0 m/s). Fine dusts rise and are transported through the mine. The air density can change slightly, which sooner or later leads to a saturation of the emissions in the supplied weathers.

4.2 Special ventilation

In the area of special ventilation, higher volumes with the same space conditions generate higher pressures with the same duct size. The influence of the pressure increase on the duct diameter is approximately x^3 . The exemplary considerations of pressure conditions in Figures 1 and 2 provide an overview of the conditions in ducts.

In addition, the additional pressure increases the requirements both on the quality of the duct and on the maintenance or repair. Another consideration is the additional heating of the weather. For every 1,000 Pa increase in pressure at the fan, the air becomes about 1 K warmer. Climate control must therefore also be included in the consideration of a solution.

In general, a considerably higher energy input is required for main and additional ventilation. Physically, a linear increase in volume increases the pressure quadratically and the required motor power cubically. For this purpose, energy networks, fuses, cables and cable routes must be redesigned many times. Efficient control and regulation systems for all components are capable of optimally adapting the corresponding outputs at any time. This leads to efficient utilization of the components and avoids overdimensioning, which would demand a multiple of the infrastructure.

baubetriebe müssen eine multiple Lösungsstrategie verfolgen, um nicht das gesamte Bewetterungs- und Betriebskonzept umzustellen. Dennoch wird es notwendig werden, Hauptwetter- und Sonderbewetterungsmengen örtlich zu erhöhen.

4.1 Hauptwetter

Hohe Hauptwettermengen implizieren hohe Wettergeschwindigkeiten und höhere Betriebsdrücke. Die Belastungen für den vorhandenen Grubenausbau nehmen außergewöhnlich zu. Wetterbauwerke und Schachteinbauten werden stärker belastet und müssen verstärkt oder erneuert werden. Der höhere Druck an diesen Bauwerken erzeugt eine ebenfalls höhere Leckage, sodass Abdichtungen nachzubessern sind. Mit höheren Geschwindigkeiten in den Strecken kann teilweise nicht mehr gearbeitet werden (zulässige Maximalgeschwindigkeit für die Wetter in Arbeitsbereichen < 6,0 m/s). Feine Stäube erheben sich und werden durch die Grube transportiert. Die Luftdichte kann sich geringfügig ändern, was früher oder später eine Sättigung der Emissionen in den zugeführten Wettern zur Folge hat.

4.2 Sonderbewetterung

Im Bereich der Sonderbewetterung erzeugen höhere Volumina bei gleichen Platzverhältnissen höhere Drücke bei gleicher Luttengröße. Der Einfluss der Druckerhöhung zum Luttendurchmesser beträgt etwa x^5 . Zur Übersicht der Verhältnisse in Lutten dienen die beispielhaften Betrachtungen von Druckverhältnissen in den Bildern 1 und 2.

Des Weiteren erhöht der zusätzliche Druck die Anforderung sowohl an die Qualität der Lutte als auch an die Wartung bzw. die Reparatur. Ein weiterer Betrachtungspunkt ist die zusätzliche Erwärmung der Wetter. Pro 1.000 Pa Druckerhöhung am Lüfter wird die Luft um etwa 1 K wärmer. Somit ist auch die Klimakontrolle mit in die Betrachtung einer Lösung einzubeziehen.

Generell ist ein wesentlich erhöhter Energieaufwand für Haupt- und Zusatzbewetterung erforderlich. Physikalisch erhöhen sich bei linearer Volumenerhöhung der Druck quadratisch und die notwendige Motorleistung kubisch. Dafür müssen Energienetze, Absicherungen, Kabel und Kabelwege vielfach umgestaltet werden. Effiziente Regel- und Steuersysteme für alle Komponenten

Particularly in ventilation, the individual components can be optimized in the overall concept through intelligent networking with sensors. "Ventilation on Demand" with higher-level process control and ventilation program including simulation options can work efficiently and flexibly thanks to integrated sensor technology. Logistical processes can thus be coordinated and planned with regard to ventilation technology. Even a single air duct drive can be controlled independently, intelligently and fully automatically according to today's state of the art. Not only weather requirements are precisely controlled, but also the air duct condition can be monitored by integrated process analyses. In this way, weather requirements can be correctly assigned and exploited in order to avoid bad weather and energy losses.

5 Conclusion

As long as humans are not completely released from the work process, the ventilation of the mine must be adapted to the new limits in the future. This can be done efficiently after the analysis of the real possible reductions of the different emissions. In order to keep this weather optimization energetically small, a superordinate process control including measured value capture in the critical work areas is recommended.

Authors / Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Jens Kegenhoff, Matthias Papesch M. Sc.,
Korfmann Lufttechnik GmbH, Witten

sind in der Lage, entsprechende Leistungen jederzeit optimal anzupassen. Dies führt zur effizienten Auslastung der Komponenten und vermeidet Überdimensionierungen, die ein Vielfaches an Infrastruktur abverlangen würden.

Gerade in der Bewetterung können die Einzelkomponenten im Gesamtkonzept durch intelligente Vernetzung mit Sensoren optimiert werden. „Ventilation on Demand“ mit übergeordneter Prozesssteuerung und Bewetterungsprogramm inklusive Simulationsmöglichkeit kann durch eingebundene Sensortechnik effizient und flexibel arbeiten. Logistische Prozesse können so wettertechnisch abgestimmt und eingeplant werden. Selbst ein einzelner sonderbewetterter Vortrieb lässt sich nach dem heutigen Stand der Technik selbstständig intelligent und vollautomatisch steuern. Nicht nur Wetterbedarfe werden zielgenau geregelt, sondern auch eine Überwachung des Luttenzustands durch integrierte Prozessanalysen ist möglich. So können Wetterbedarfe fehlerfrei zugeordnet und ausgenutzt werden, um Fehlwetter und Energieverluste zu vermeiden.

5 Fazit

Solange der Mensch noch nicht vollkommen aus dem Arbeitsprozess entbunden ist, muss die Bewetterung der Grube in Zukunft auf die neuen Grenzwerte angepasst werden. Effizient kann dies nach der Analyse der wirklich möglichen Reduzierungen der verschiedenen Emissionen durchgeführt werden. Um diese Wetteroptimierung energetisch klein zu halten, ist eine übergeordnete Prozesssteuerung inklusive Messwerterfassung in den kritischen Arbeitsbereichen zu empfehlen.