

# Development and State of the Art of Dust Control in International Mining and Tunnelling

The quest for safety for man and machine is becoming increasingly important in mining and tunnelling worldwide. Due to the mechanisation of sinking, tunnelling and extraction work in underground mining and processing, the amount of dust generated in the various work processes has steadily increased – in line with the increase in performance. Although the occupa-

tional disease silicosis, which is subject to compensation, could be reduced in Europe due to the success of modern dust control methods, this occupational disease is still a worldwide issue. Against this background, the dedusting and cleaning of the air of various underground work processes are still a central challenge today and are explained in more detail in this article.

## Entwicklung und Stand der Technik der Staubbekämpfung im internationalen Berg- und Tunnelbau

Das Streben nach Sicherheit für Mensch und Maschine gewinnt im weltweiten Berg- und Tunnelbau immer mehr an Bedeutung. Durch die Mechanisierung der Teuf-, Vortriebs- und Gewinnungsarbeiten im Untertagebergbau sowie bei der Aufbereitung ist das Staubaufkommen bei den verschiedenen Arbeitsprozessen – analog der Leistungssteigerung – stetig angestiegen. Die entschädigungspflichtige Berufskrankheit Silikose konnte in Europa

zwar durch die Erfolge moderner Staubbekämpfungsverfahren vermindert werden, jedoch ist diese Berufskrankheit immer noch ein weltweites Thema. Vor diesem Hintergrund sind die Entstäubung und Reinigung der Luft verschiedener Arbeitsprozesse unter Tage auch heute noch eine zentrale Herausforderung und werden in diesem Beitrag näher erläutert.

### 1 Importance of dust control

In the course of industrial development in the 19th and 20th centuries, the need arose in many process engineering operations – initially only for economic reasons – to separate the particles dispersed in waste gases for product recovery or to treat these gases before they were further processed in subsequent processes.



Fig. 1. Dust exposure at the underground workplace.  
Bild 1. Staubbelastung am Arbeitsplatz unter Tage. Photo/Foto: CFT

### 1 Bedeutung der Staubbekämpfung

Im Verlauf der industriellen Entwicklung des 19. und 20. Jahrhunderts entstand bei vielen verfahrenstechnischen Prozessen – zunächst nur aus wirtschaftlichen Gründen – die Notwendigkeit, die in Abgasen dispergierten Partikel zur Produktrückgewinnung abzuscheiden oder diese Gase vor deren Weiterverarbeitung in nachfolgenden Prozessen aufzubereiten.

Ab Mitte des 20. Jahrhunderts rückten jedoch auch die industriellen Emissionen in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses, um vor allem in industriellen Ballungsräumen die Luftverschmutzung zu verringern. Die behördlichen Auflagen folgten dabei.

Im Gegensatz zum Umweltschutz sind, wie an anderen gewerblichen Arbeitsplätzen auch, im Berg- und Tunnelbau die Probleme des Gesundheitsschutzes vorrangig. Dabei kommt der Staub- und Silikosebekämpfung eine besondere Bedeutung zu (Bild 1).

Die in den letzten 50 Jahren strenger werdende Umweltschutzgesetzgebung ist in Deutschland nach dem Bundesimmissionschutzgesetz geregelt und in der Verwaltungsvorschrift TA-Luft (Technische Anleitung Luft) im Einzelnen beschrieben.

In den darauffolgenden Jahrzehnten bis zum heutigen Zeitpunkt wurden zur Vermeidung bzw. Verringerung von Silikoseerkrankungen nicht nur neu entwickelte Staubbekämpfungsver-

From the middle of the 20th century, however, industrial emissions also became the focus of public interest in order to reduce air pollution, especially in industrial conurbations. Regulatory requirements followed suit.

In contrast to environmental protection, the problems of health protection are paramount in mining and tunnelling, as in other industrial workplaces. Dust and silicosis control are of particular importance in this context (Figure 1).

In Germany, environmental protection legislation, which has become stricter over the last 50 years, is regulated by the Federal Immission Control Act and described in detail in the administrative regulation TA-Luft (Technical Instructions on Air Quality Control).

In the following decades up to the present time, not only have newly developed dust control methods been used to prevent or reduce silicosis, but the dust limit values in the air have also been lowered more and more.

Even though successes in reducing silicosis have been achieved in Europe through modern dust control methods, this occupational disease is still very widespread worldwide, especially in mining countries. Although silicosis is not exclusively a mining-specific occupational disease, the majority of this disease occurs in this occupational sector.

In addition to the health problems, the lung disease represents a major economic problem for the mining nations. After silicosis was recognised as an occupational disease in Germany, the mining costs of hard coal rose by more than 10 % in 1953 due to the first compensated pension cases.

As a result, as early as 1960 the federal government issued limits for the maximum permissible dust exposure at the workplace and initiated organisations for the development of dust control methods.

## 2 Possible sources of dust in work processes

Dust exposure during various underground and above-ground work processes varies considerably. It varies from 30 to 50 mg/m<sup>3</sup> for shotcrete work (Figure 2) to 50,000 mg/m<sup>3</sup> for hard rock full face cutting machines (Figure 3).

fahren eingesetzt, sondern auch die Staubgrenzwerte in der Luft immer weiter abgesenkt.

Auch wenn in Europa durch moderne Staubbekämpfungsverfahren Erfolge in der Minderung von Silikosen erzielt wurden, ist diese Berufskrankheit weltweit noch immer sehr verbreitet, insbesondere in bergbaubetreibenden Ländern. Wenn auch bei der Silikose nicht ausschließlich von einer bergbauspezifischen Berufskrankheit gesprochen werden kann, so entfällt doch der überwiegende Anteil dieser auftretenden Krankheit auf diesen Berufszweig.

Neben den gesundheitlichen Problemen stellt die Lungenerkrankung für die bergbaubetreibenden Nationen ein hohes wirtschaftliches Problem dar. Nachdem Silikose in Deutschland als Berufskrankheit anerkannt wurde, stiegen im Jahr 1953 aufgrund der erstmals entschädigten Rentenfälle die Förderkosten der Steinkohle um mehr als 10 %.

Die Bundesregierung hat deshalb schon 1960 Grenzwerte für die maximal zulässige Staubbelastung am Arbeitsplatz erlassen und Organisationen für die Entwicklung von Staubbekämpfungsverfahren initiiert.



Fig. 2. Shotcrete work in the tunnel.

Bild 2. Spritzbetonarbeiten im Tunnel. Photo/Foto: CFT



Fig. 3. Full-face cutting machine tunnelling. // Bild 3. Vollschnittmaschinenvortrieb. Photo/Foto: CFT

### 3 Dust control methods

The following dust control methods are available to the mining industry, but also to some extent to tunnel construction:

- Preventive dust control:  
Dust control before dust is generated during extraction, such as in impregnation techniques, or already sedimented dust in drifts is wetted by water or hypercapnic materials are sprayed on.
- Active dust control:  
Precipitation or extraction and separation of dust that has already been stirred up by spraying technology or dust collection systems.
- Secondary dust control:  
Ventilation (air dilution) and respiratory protection measures such as dust masks.

Preventive dust control will not be discussed in detail in the following.

#### 3.1 Water-Spraying

Primary dust control by separation and, above all, precipitation of the dust with water is the oldest and probably best-known measure (Figure 4).

Overall, spraying can achieve a reduction of 50 to 60% of the fine dust content in the air. In the case of enclosures for transfers and crushers, fine dust separation of 80 to 90% is possible if the enclosure is relatively dust-tight and the spraying water has been dispersed as finely as possible by high-pressure spraying with at least 20 to 40 bar, by ultrasonic atomisation or the use of dust binding agents.

Spraying is used wherever extraction and filtration cannot be used for technical, financial or spatial reasons.



Fig. 4. Spraying in the extraction process.

Bild 4. Bedüsung in der Gewinnung. Photo/Foto: RAG

#### 3.2 Wet dedusting

The processes taking place in a wet scrubber can be divided into four individual phases:

- addition of the scrubbing liquid to the gas-dust mixture;
- combining of the dust particles with the liquid;
- coating of the dust particles by the water; and
- separation of the dust-water mixture from the gas flow.

### 2 Mögliche Staubquellen bei Arbeitsprozessen

Die Staubbelastung bei verschiedenen unter- und übertägigen Arbeitsprozessen variiert erheblich. Sie schwankt von 30 bis 50 mg/m<sup>3</sup> bei Spritzbetonarbeiten (Bild 2) bis zu 50.000 mg/m<sup>3</sup> bei Hartgesteinsvollschnittmaschinen (Bild 3).

### 3 Staubbekämpfungsverfahren

Dem Bergbau, aber auch z.T. dem Tunnelbau, stehen die nachfolgend aufgeführten Staubbekämpfungsverfahren zur Verfügung:

- Präventive Staubbekämpfung:  
Staubbekämpfung bevor der Staub bei der Gewinnung entsteht, wie z. B. bei der Tränktechnik, oder bereits sedimentierter Staub in den Strecken mittels Wasser benetzt wird oder hyperkapnische Materialien aufgesprüht werden.
- Aktive Staubbekämpfung:  
Niederschlagung oder Absaugung und Abscheidung bereits aufgewirbelten Staubs durch Bedüsungstechnik oder Entstaubungsanlagen.
- Sekundäre Staubbekämpfung:  
Bewetterung (Luftverdünnung) und Atemschutzmaßnahmen, wie Staubmasken.

Auf die präventive Staubbekämpfung wird im weiteren Verlauf nicht näher eingegangen.

#### 3.1 Bedüsung

Die primäre Staubbekämpfung durch Abscheidung und vor allem die Niederschlagung des Staubs mittels Wasser ist die älteste und wohl bekannteste Maßnahme (Bild 4).

Insgesamt kann mit Bedüsungen eine Reduzierung des Feinstaubanteils in der Luft von 50 bis 60% erreicht werden. Bei Einhausung von Übergaben und Brechern ist eine Feinstaubabscheidung von 80 bis 90% möglich, wenn die Verkleidung relativ staubdicht ist und das Bedüsungswasser durch Hochdruckbedüsung mit mindestens 20 bis 40 bar, durch Ultraschallvernebelung oder den Einsatz von Staubbindemitteln möglichst fein dispergiert wurde.

Die Bedüsung wird überall dort eingesetzt, wo aus technischen, finanziellen oder räumlichen Gründen die Maßnahme der Absaugung und Filterung nicht eingesetzt werden kann.

#### 3.2 Nassentstaubung

Die in einem Nassabscheider ablaufenden Vorgänge können in vier Einzelphasen gegliedert werden:

- Zugabe der Waschflüssigkeit zum Gas-Staub-Gemisch,
- Zusammenführen der Staubteilchen mit der Flüssigkeit,
- Ummantelung der Staubteilchen durch das Wasser und
- Trennung des Staub-Wasser-Gemisches aus der Gasströmung.

Gemäß ihrer Bauform unterscheidet man:

- Einbautenwäscher: < 90% Abscheideleistung,
- Rotationswäscher: < 94% Abscheideleistung,
- Venturiwäscher: < 99,85% Abscheideleistung und
- Wäscher mit schräggehendem Demister: < 99,4% Abscheideleistung.

Für den untertägigen Einsatz wurden Rotations- und Venturiwäscher zum Einsatz gebracht. Mit dem Venturiwäscher, auch unter



A distinction is made according to their design:

- built-in scrubbers: < 90 % separation efficiency;
- rotary scrubbers: < 94 % separation efficiency;
- venturi scrubbers: < 99.85 % separation efficiency; and
- scrubbers with inclined demister: < 99.4 % separation efficiency.

For underground operations, rotary and Venturi scrubbers were used. With the Venturi scrubber, also known under the product name ROTO VENT, separation efficiencies of up to 99.85 % can be achieved, but the resistances rise to over 10,000 Pa.

The most common scrubbers are those with an inclined demister, whose resistance is less than 1,500 Pa, achieving relatively good efficiency.

Due to their low efficiency, wet scrubbers are only used for inert dusts and dust sources with low dust loads, e.g. concrete spraying or clean coal.

### 3.3 Dry dedusting

Dry dust collectors are systems in which the dust-laden air flows through a fabric and the dust is filtered out of the air by the fabric. The dust is flushed back through a pneumatic cleaning system and collected or discharged in a targeted manner.

A distinction is usually made between so-called bag and pocket filters, which are used either as individual elements or as multi-cassettes. This type of system achieves residual dust contents of up to 1 mg/m<sup>3</sup> – regardless of the amount of dust.

Residual dust contents of less than 0.1 mg/m<sup>3</sup> are only achieved by rigid-body filters. These include cartridge and compact filter elements. Depending on the material and design, the filter resistances differ considerably.

## 4 Conclusion

The choice of the appropriate dust control method often depends on the applicable limit values and the reduction potential of the respective method.

Spraying methods are usually permissible in the surface area to enable a reduction of immissions or a supplement to a dust removal device in underground mining.

Wet dust collectors are usually used in processes with low dust loads and in countries with lower regulations.

Dry dust collectors are necessary for any work with high dust loads. Rigid body filters are required for toxic and carcinogenic silicogenic components.

dem Produktnamen ROTO VENT bekannt, können Abscheidegrade bis zu 99,85 % erreicht werden, jedoch steigen die Widerstände auf über 10.000 Pa.

Am häufigsten werden Wäscher mit einem schräggestellten Demister eingesetzt, dessen Widerstand unter 1.500 Pa liegt und dabei einen relativ guten Wirkungsgrad erreicht.

Nasswäscher werden aufgrund ihres geringen Wirkungsgrads nur bei inerten Stäuben sowie Staubquellen mit geringen Staubfrachten eingesetzt, z. B. beim Betonspritzen oder in der reinen Kohle.

### 3.3 Trockenentstaubung

Trockenentstauber sind Anlagen, in denen die staubhaltige Luft ein Gewebe durchströmt und der Staub durch das Gewebe aus der Luft gefiltert wird. Durch eine pneumatische Abreinigung wird der Staub zurückgespült und gesammelt bzw. gezielt abgegeben.

Man unterscheidet in der Regel sogenannte Schlauch- und Taschenfilter, die entweder als Einzelelement bzw. als Multikassette verwendet werden. Diese Anlagenbauform erreicht Reststaubgehalte von bis zu 1 mg/m<sup>3</sup> – unabhängig von der Staubmenge.

Reststaubgehalte von unter 0,1 mg/m<sup>3</sup> werden lediglich von Starrkörperfiltern erreicht. Dazu zählen u. a. Patronen- und Kompaktfilterelemente. Je nach Material und Bauform unterscheiden sich die Filterwiderstände erheblich.

## 4 Fazit

Die Wahl des entsprechenden Staubbekämpfungsverfahrens ist oftmals von den gültigen Grenzwerten und dem Reduktionspotential der jeweiligen Methode abhängig.

Bedüsungsverfahren sind in der Regel im übertägigen Bereich zulässig, um eine Minderung der Immissionen zu ermöglichen oder eine Ergänzung zu einem Entstaubungsgerät im Untertagebergbau.

Nassentstauber werden üblicherweise bei Prozessen mit geringen Staubfrachten und in Ländern mit niedrigeren Vorschriften eingesetzt.

Trockenfilteranlagen sind bei jeglichen Arbeiten mit hohem Staubanfall notwendig. Bei toxischen und krebserregenden silicogenen Bestandteilen sind Starrkörperfilter erforderlich.

## References / Quellenverzeichnis

Both, R. (2004): Verringerung des Reststaubgehaltes und des Druckverlustes von Entstaubungsanlagen für den Berg-, Straßen- und Stollenbau.

## Author / Autor

Dr.-Ing. Reinhold Both, CFT GmbH, Marl