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.

Maximilian Hanke-Roos

Basic Principles of Explosion Protection

While explosions are fortunately quite rare, if they do happen the consequences are usually serious – explosions are among the five most frequent causes of fatal accidents. It is therefore extremely important to prevent their occurrence and, if that is not possible, at least to limit their impact and contain their spread.

Grundlagen des Explosionsschutzes

Explosionen sind zum Glück selten. Kommt es aber doch dazu, sind die Folgen meist schwer – Explosionen zählen zu den fünf häufigsten Ursachen für tödliche Arbeitsunfälle. Entsprechend wichtig ist es, das Auftreten einer Explosion zu vermeiden und, falls das nicht möglich ist, die Ausbreitung und die Auswirkungen zu beschränken.

1 How does an explosion occur?

The four points of the risk tetrahedron (Figure 1) describe the four conditions that all have to be present simultaneously for an explosion to occur:

- combustible hazardous material;
- an oxidising agent, e.g. oxygen;
- intermixing in the right ratio; and
- an effective ignition source.

1 Wie kommt es zu einer Explosion?

Die vier Spitzen des Gefahrentetraeders (Bild 1) beschreiben vier Voraussetzungen, die alle gleichzeitig erfüllt sein müssen, damit es zu einer Explosion kommen kann:

- brennbarer Gefahrstoff,
- Oxidationsmittel, z.B. Sauerstoff,
- Durchmischung im richtigen Mischungsverhältnis und
- wirksame Zündquelle.

Fig. 1. Risk tetrahedron for explosions. // Bild 1. Gefahrentetraeder für Explosionen. Sources (from left to right)/Quellen (v.l.n.r.): olegusk - stock.adobe.com, stockphoto-graf - stock.adobe.com, visoot - stock.adobe.com, Andrew Burgess - stock.adobe.com, BG RCI - Soestmeyer

Combustible materials comprise all those substances that can burn as a result of ignition in the presence of oxidising agent – this generally involving the oxygen that occurs naturally in the air. Typical examples are the solvents used in paints and coatings, adhesives and cleaning agents along with the dusts that are generated from coal, wood, metal and sugar. For an intermixing to take place between the combustible material and the oxidising agent there has to be an evaporation or vaporisation of fluids or a swirling up of dust. In the case of fluids this is usually determined on the basis of the flash point. This is the lowest temperature at which a fluid is able, under a set of standard conditions, to produce a sufficient amount of vapour to create a mixture that can be ignited. If the prevailing temperature is not safely below the flash point there is a chance that an explosive mixture will be formed. This does not apply to sprayed or atomised liquids – here the risk of explosion must always be assumed.

Solid materials only represent an explosion risk if they are present in a sufficiently fine state: as the grain size diminishes so the surface area of the dust will increase (Figure 2), thereby allowing the combustion process to proceed more swiftly and ultimately resulting in an explosive development. This is typically the case for particle sizes of less than 0.5 mm.

Such mixtures are generally designated as "explosive mixtures". If the mixture in question is present under atmospheric conditions (ambient temperature of −20 to +60 °C, air pressure 0.8 to 1.1 bar, oxidising agent air) it is referred-to as an "explosive atmosphere". As this tends to be the most common scenario, the following paper will focus exclusively on occurrences of this type. In the case of a hazardous explosive atmosphere they are present in dangerous quantities. A dangerous quantity is said to exist at a volume of ≥ 10 l or ≥ 1/10 000 volume capacity or when it occurs in close proximity to persons.

Brennbare Gefahrstoffe sind alle Stoffe, die nach ihrer Entzündung mit einem Oxidationsmittel – meist ist dies der natürlich in der Luft vorkommende Sauerstoff – verbrennen können. Typische Beispiele sind Lösemittel in Lacken, Klebern oder Reinigern sowie Stäube, etwa Kohle-, Holz-, Metall- oder Zuckerstäube. Damit es zur Durchmischung der Stoffe mit dem Oxidationsmittel kommen kann, müssen Flüssigkeiten verdampfen oder Stäube aufgewirbelt werden. Beurteilt wird dies für Flüssigkeiten meist anhand des Flammpunkts. Dies ist die niedrigste Temperatur einer Flüssigkeit, bei der sich unter bestimmten genormten Bedingungen aus ihr Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass sie entzündet werden können. Liegt die Temperatur nicht sicher unter dem Flammpunkt, ist mit der Bildung explosionsfähiger Gemische zu rechnen. Bei versprühten oder verdüsten Flüssigkeiten gilt dies nicht – hier ist stets eine Explosionsgefahr anzunehmen.

Von Feststoffen geht eine Explosionsgefahr nur aus, sofern sie in ausreichender Feinheit vorliegen: Mit abnehmender Korngröße nimmt die Oberfläche der Stäube zu (Bild 2), somit kann die Verbrennung schneller ablaufen, was schließlich zu einem explosionsartigen Verlauf führt. Typischerweise ist dies bei Korngrößen unterhalb 0,5 mm der Fall.

Allgemein bezeichnet man solche Gemische als „explosionsfähige Gemische". Liegt dieses Gemisch unter atmosphärischen Bedingungen (Umgebungstemperatur −20 °C bis +60 °C, Luftdruck 0,8 bis 1,1 bar, Oxidationsmittel Luft) vor, spricht man von einer „explosionsfähigen Atmosphäre". Da dies der häufigste Fall ist, soll im Folgenden nur hierauf eingegangen werden. Bei einer „gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre" (g. e. A.) treten diese in gefahrdrohender Menge auf. Eine gefahrdrohende Menge liegt vor bei einem Volumen ≥ 10 l bzw. ≥ 1/10.000 Rauminhalt oder bei Auftreten in unmittelbarer Nähe von Menschen.

2 Auf die Mischung kommt es an

Dieser Spruch gilt nicht nur beim Kochen, sondern auch im Explosionsschutz. Allein, dass sich ein brennbarer Gefahrstoff mit Luft mischt, reicht also noch nicht aus. Nur im richtigen Mischungsverhältnis – zwischen der unteren Explosionsgrenze (UEG) und der oberen Explosionsgrenze (OEG) – kann eine Mischung brenn-

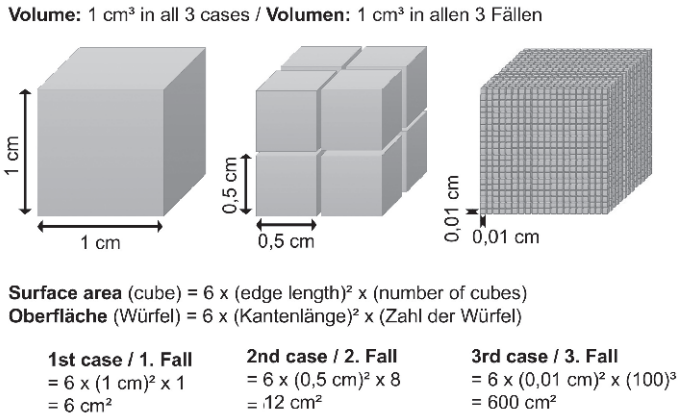

Fig. 2. Relationship between the surface area and the grain size of dust particles. //Bild 2. Abhängigkeit der Oberfläche von der Korngröße bei Staubpartikeln. Source/Quelle: Hanke-Roos

2 It's all about the mixture

This applies not just to cooking but also to explosion protection. Merely the fact that a combustible material mixes with air is not of itself enough. A mixture of combustible substances with air can only explode when ignited provided that the correct mixing ratio is present – that is to say when the mix is somewhere between the lower explosive limit (LEL) and the upper explosive limit (UEL). Below the LEL the mixture contains too little fuel, it is too "lean". Above the UEL it contains too much fuel, it is too "rich"and "only" burns off instead of exploding (Figure 3). The UEL does not apply to dust mixtures.

The final condition for an explosion is an effective ignition source. In practice the following six types of ignition source, out of the total of thirteen, play the greatest role:

- hot surfaces;
- flames and hot gases;
- sources of ignition caused by mechanical friction, impact and severance processes;
- electrical equipment;
- electrical compensating currents, cathodic corrosion protection; and
- static electricity.

3 Risk assessment

The most important tool for gauging and controlling the explosion hazard is the risk assessment process. The measures involved are subject to the order of priority outlined in table 1.

The best means of protecting against an explosion is not to have anything present that might explode, i.e. the formation of an hazardous explosive atmosphere is safely prevented. In other words, one of the three corners of the risk tetrahedron, namely "oxidising agent", "combustible material" or "intermixing in the right ratio", has to be absent. If this is not the case then the source of ignition has to be prevented, that means the fourth peak of the tetrahedron has to be excluded. If that cannot be reliably achieved measures have to be taken to prevent the propagation of an explosion and to limit its impact.

3.1 First level of measures

The first level of measures involves preventing the formation of an hazardous explosive atmosphere. The so-called "STOP principle" is in fact enshrined in the Hazardous Substances Ordinance (GefStoffV). The abbreviation STOP denotes the order of priority for the protective measures to be taken: substitution, technical protective measures, organisational protection measures and personal protection measures.

The primary protective measure is substitution. This involves investigating whether the combustible materials can be replaced, or substituted, with less dangerous substances. This could be fluids with a higher flash point or those that are non-flammable. Granules can be used in place of dusts, while working methods that entail the release of no or fewer substances, e.g., brushing instead of spraying, can offer greater protection.

If a sufficient degree of substitution is not possible then some thought must be given to whether measures such as the sealing of containers or equipment, the removal of dust deposits or the use of

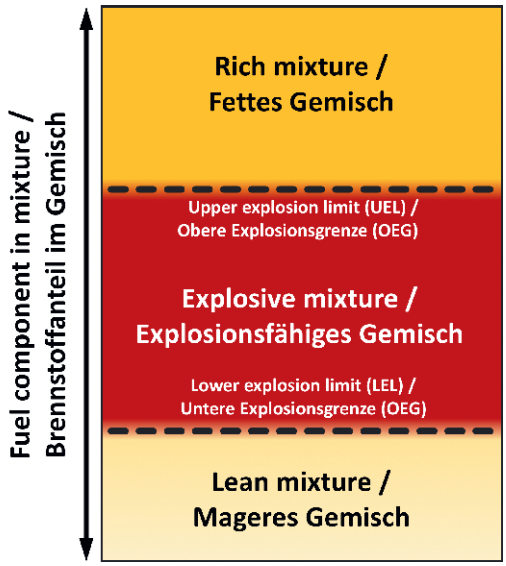

Fig. 3. In the case of gases, vapours and mists the zone between the two explosive limits (UEL and LEL) is designated as the explosive range. Bild 3. Bei Gasen, Dämpfen und Nebeln wird der Bereich zwischen den beiden Explosionsgrenzen (OEG und UEG) als Explosionsbereich bezeichnet. Source/Quelle: Hanke-Roos

barer Gefahrstoffe mit Luft bei Entzündung explodieren. Unterhalb der UEG enthält das Gemisch zu wenig Brennstoff, es ist zu „mager". Oberhalb der OEG enthält es zuviel Brennstoff, es ist zu „fett" und brennt „nur" ab, statt zu explodieren (Bild 3). Die OEG findet bei Stäuben keine Anwendung.

Die letzte für eine Explosion erforderliche Voraussetzung ist eine wirksame Zündquelle. Von den dreizehn bekannten Zündquellenarten spielen in der Praxis die folgenden sechs die größte Rolle:

- heiße Oberflächen,
- Flammen und heiße Gase,
- Zündquellen durch mechanische Reib-, Schlag- und Abtrennvorgänge,
- elektrische Anlagen,
- elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz und
- statische Elektrizität.

3 Gefährdungsbeurteilung

Das wichtigste Hilfsmittel, um eine Explosionsgefährdung einschätzen und beherrschen zu können, ist die Gefährdungsbeurteilung. Die Maßnahmen unterliegen dabei der in Tabelle 1 dargestellten Rangfolge.

Der beste Schutz vor einer Explosion ist gegeben, wenn nichts da ist, das explodieren könnte, d.h., die Bildung einer g.e.A. ist sicher verhindert, sprich eine der drei Ecken des Gefahrentetraeders, nämlich „Oxidationsmittel", „brennbarer Gefahrstoff" oder „Durchmischung im richtigen Mischungsverhältnis" fehlt. Geht das nicht, gilt es, Zündquellen auszuschließen, also die vierte Spitze des Gefahrentetraeders zu kappen. Falls auch das nicht zuverlässig realisierbar ist, müssen Maßnahmen her, welche die Ausbreitung einer Explosion verhindern und ihre Auswirkungen beschränken.

	(Air)-oxygen // fuel (Luft)-Sauerstoff // Brennstoff	Ignition sources Zündquellen	Explosion
Measure level / Maßnahmenebe	1. Prevention of the formation of a hazardous explosive atmosphere 1. Vermeidung der Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre	2. Prevention of an ignition 2. Vermeidung der Entzündung	3. Prevention of explosion propagation and/or the effects of an explosion 3. Beschränkung der Ausbreitung bzw. der Auswirkung einer Explosion
Protection measures / Schutzmaßnahmen	e.g. / z.B. • substitution / Substitution • cleaning / Reinigung • ventilation / Lüftung • fume extraction / Objektabsaugung • sealing / Dichtheit • limiting concentration levels – (keeping below the LEL) Konzentrationsbegrenzung – (Unterschreitung der UEG) • inertisation / Inertisierung	e.g. / z.B. • explosion-roof equipment / explosionsgeschützte Geräte • low-sparking tools / funkenarmes Werkzeug • avoidance of hot surfaces / Vermeidung heißer Oberflächen • equipotential bonding/earthing / Potentialausgleich/Erdung • no open flames / keine offenen Flammen • ...	e.g. / z.B. • pressure-resistant/pressure-shock-resistant design / druckfeste/druckstoßfeste Bauweise • explosion relief / Druckentlastung • explosion suppression/ Explosionsunterdrückung • explosion decoupling / explosionstechnische Entkopplung
Regulation / Regelwerk	TRGS 722	TRGS 723 + TRGS 727	TRGS 724

Table 1. Prioritisation of explosion-protection measures with examples of protective actions and reference to the relevant Technical Regulation (based on: KB 028-1 by the BG RCI). // Tabelle 1. Maßnahmenrangfolge im Explosionsschutz mit beispielhaften Schutzmaßnahmen und Verweis auf das entsprechende Technische Regelwerk (nach: KB 028-1 der BG RCI). Source/Quelle: Hanke-Roos

natural ventilation can reliably prevent an hazardous explosive atmosphere. In such a case – which is to be recorded in the risk assessment – further explosion protection measures will not be required. Any further measures must be monitored and assessed in order to ensure their effectiveness. They are therefore subject to testing obligations in accordance with Annex 2, Section 3 of the Operational Safety Ordinance (BetrSichV). Such measures may, e.g., include:

- Technical ventilation measures: the use of an extraction or room ventilation system can remove combustible substances from the air or at least reduce their concentration levels. The effectiveness of an extraction or ventilation system can, e.g., be monitored using gas detectors (for measuring the concentration of combustible gases and vapours) or flow sensors (for measuring the airflow).
- Inertisation: inertisation is a process whereby non-combustible substances – primarily gases like nitrogen and carbon dioxide – displace the oxygen to such a degree that an explosion can no longer take place. Inertisation can only be employed in enclosed plant sections and the process must be carefully monitored. Inert gases produce a suffocating effect.

3.2 Second level of measures

The second level of measures is aimed at preventing ignitions occurring. Where an hazardous explosive atmosphere cannot be safely avoided an assessment has to be made as to its frequency and duration of occurrence. Similarly for ignition sources it is necessary to establish how likely it is that such sources are present or can arise – as part of the process taking place, e.g., when cutting or grinding, or in the event of an equipment fault or malfunction – if they are active and effective.

Workplaces of this kind are identified by the D-W021 warning sign denoting an explosive atmosphere (Ex triangle). Exposed sources of ignition, such as smoking and open fires, are prohibited in these areas and unauthorised persons are not allowed to enter high-risk zones of this kind.

The long-established and well-proven practice of zoning helps to regulate the scope of the required ignition-source prevention measures. This same system is also used in the Technical

3.1 Erste Ebene der Maßnahmen

Die erste Ebene der Maßnahmen ist die Vermeidung der Bildung von g.e.A. In der Gefahrstoff-Verordnung (GefStoffV) ist das STOP-Prinzip verankert. Die Abkürzung STOP beschreibt die Rangfolge der Schutzmaßnahmen: Substitution, Technische Schutzmaßnahmen, Organisatorische Schutzmaßnahmen, Persönliche Schutzmaßnahmen.

Vorrangige Schutzmaßnahme ist die Substitution. Dabei gilt es zu prüfen, ob die brennbaren Gefahrstoffe durch weniger gefährliche Stoffe ersetzt, also substituiert werden können. Das wären etwa Flüssigkeiten mit einem höheren Flammpunkt oder solche, die nicht brennbar sind. Statt Stäuben könnten Granulate zum Einsatz kommen. Auch Arbeitsverfahren, die keine oder weniger Stoffe freisetzen, z.B. Pinselauftrag anstelle von Versprühen, können schützen.

Ist keine ausreichende Substitution möglich, muss geprüft werden, ob durch Maßnahmen wie Dichtheit von Behältern oder Anlagen, Beseitigung von Staubablagerungen oder natürliche Lüftung eine g.e.A. sicher verhindert ist. In einem solchen Fall – dokumentiert in der Gefährdungsbeurteilung – sind weitere Explosionsschutzmaßnahmen nicht erforderlich. Weiterführende Maßnahmen müssen überwacht und geprüft werden, um ihre Wirksamkeit sicherzustellen. Darum unterliegen sie der Prüfverpflichtung nach Anhang 2 Abschnitt 3 Betriebsicherheitsverordnung (BetrSichV). Beispiele für solche Maßnahmen sind:

- Technische Lüftungsmaßnahmen: Durch eine Absaugung oder Raumlüftung werden brennbare Gefahrstoffe aus der Luft entfernt oder zumindest in ihrer Konzentration reduziert. Beispielsweise mittels Gaswarngeräten (Messung der Konzentration brennbarer Gase/Dämpfe) oder Strömungswächtern (Messung des Luftstroms) lässt sich die Wirksamkeit von Absaugung und Lüftung überwachen.
- Inertisierung: Bei der Inertisierung verdrängen nicht brennbare Stoffe – vor allem Gase wie Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid – den Sauerstoff so weit, dass keine Explosion mehr stattfinden kann. Eine Inertisierung ist nur in geschlossenen Anlagenteilen anwendbar und muss überwacht werden. Inertgase wirken erstickend.

Testing obligation in accordance with Annex 2, Section 3 of the Operational Safety Ordinance (BetrSichV):
Equipment operating in hazardous areas (Ex systems) are subject to regular inspection and special testing requirements apply in this case. The legal basis here is provided by the Operational Safety Ordinance (BetrSichV). The employer is required to define the type, scope and depth of the test, the inspection intervals and the professional qualifications of the persons participating in the testing process. This information is to be recorded in the explosion protection document.

The tests must be carried out
- prior to initial commissioning;
- after each modification subject to mandatory testing; and
- on a recurring basis.

The testing and inspection requirements are laid down in the Technical Regulations on Operational Safety (TRBS 1201) part 1 "Testing of equipment in potentially explosive atmospheres".

Prüfverpflichtung nach Anhang 2 Abschnitt 3 der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV):
Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (Ex-Anlagen) sind überwachungsbedürftige Anlagen, für die besondere Prüfanforderungen gelten. Die Rechtsgrundlage hierfür ist die BetrSichV. Der Unternehmer oder die Unternehmerin hat die Prüfart, den Prüfumfang, die Prüftiefe, die Prüffristen und die erforderliche Befähigung der zur Prüfung befähigten Person festzulegen und im Explosionsschutzdokument zu beschreiben.

Prüfungen müssen durchgeführt werden
- vor erstmaliger Inbetriebnahme,
- nach prüfpflichtigen Änderungen und
- wiederkehrend.

Die Prüfanforderungen werden in der TRBS 1201 Teil 1 „Prüfungen von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen" konkretisiert.

Rules for Hazardous Substances (TRGS - 700s series). This division into zones is based on the frequency and duration of the occurrence of a hazardous explosive atmosphere. Here the zones are considered in relation to the operating period of the process in question – rather than to a timeframe of a week or a year. Zones 0, 1 and 2 apply in the case of hazardous explosive atmospheres that involve a mixture of air with combustible gases, vapours or mists, while zones 20, 21 and 22 are used for hazardous explosive atmospheres in the form of a cloud of dust in air.

Operators can then refer to the zone designation in order to derive the most appropriate protective measures – provided that the emergence of the hazardous explosive atmosphere and the occurrence of an effective ignition source are independent events. The relationship between the emergence of an hazardous explosive atmosphere, the resulting zone designation and the ignition source that is to be avoided is shown in table 2. The portfolio of examples presented in Social Accident Insurance (DGUV) Regulation 113-001 (Figure 4) serves as a useful aid to zoning.

Zone (gases + vapours/dusts) (Gase + Dämpfe/Stäube)	Emergence of hazardous explosive atmosphere / Auftreten von g.e.A.	Avoidance of ignition sources that occur / Vermeidung von Zündquellen, die
0 / 20	permanent, of long duration or frequent / ständig, langzeitig oder häufig	• continuously or frequently or / ständig oder häufig oder • occasionally or / gelegentlich oder • infrequently / selten auftreten
1 / 21	occasional / gelegentlich	• permanently or frequently or / ständig oder häufig oder • occasionally / gelegentlich auftreten
2 / 22	infrequent and of short duration / selten und kurzzeitig	• permanently or frequently / ständig oder häufig auftreten

Table 2. Requirements for the avoidance of ignition sources in relation to the frequency and duration of the occurrence of the hazardous explosive atmosphere and to the zone designation.
Tabelle 2. Anforderungen an die Zündquellenvermeidung in Abhängigkeit von der Häufigkeit und der Dauer des Auftretens von g.e.A. bzw. von der Zoneneinteilung.

3.2 Zweite Ebene der Maßnahmen

Die zweite Ebene der Maßnahmen zielt auf die Vermeidung der Entzündung. Kann eine g.e.A.. nicht sicher verhindert werden, muss beurteilt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit sie auftreten kann und wie lange sie andauert. Ebenso muss für Zündquellen ermittelt werden, wie wahrscheinlich es ist, dass sie vorhanden sind oder entstehen – im Prozess, z.B. beim Schleifen, oder bei Gerätefehlern und Störungen – und wirksam werden.

Solche Arbeitsbereiche werden mit dem Warnzeichen D-W021 „Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre" („Ex-Dreieck") gekennzeichnet. Zusätzlich sind dort offene Zündquellen wie Rauchen oder offenes Feuer verboten. Unbefugte dürfen derart gefährdete Bereiche nicht betreten.

Das langjährig bewährte Konzept der Zoneneinteilung hilft bei der Ableitung des Umfangs der notwendigen Zündquellenvermeidung. Auch die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) der 700er-Reihe nutzen dieses Konzept. Bei der Einteilung der Zonen geht es um die Häufigkeit und Dauer, mit der g.e.A. auftreten oder vorhanden sein kann. Zu betrachten sind sie dabei im Verhältnis zur Betriebsdauer des Prozesses – nicht zu einem Zeitraum wie einer Woche oder einem Jahr. Für g.e.A. als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln gibt es die Zonen 0, 1 und 2. Für g.e.A. in Form einer Staubwolke in Luft gelten die Zonen 20, 21 und 22.

Anhand der festgelegten Zone können Betriebe dann die zu treffenden Schutzmaßnahmen ableiten – vorausgesetzt, dass das Auftreten der g.e.A. und das Wirksamwerden der Zündquelle voneinander unabhängig sind. Der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von g.e.A., der daraus resultierenden Zone und den zu vermeidenden Zündquellen ist in Tabelle 2 dargestellt. Eine Hilfestellung bei der Zoneneinteilung bietet die Beispielsammlung in DGUV Regel 113-001 (Bild 4).

Fig. 4. The Explosion Protection Rules (DGUV Regulation 113-001 parts 1 and 2) combine all the technical regulations that relate to protection against explosions. Annex 4 contains the world's largest portfolio of examples designed to help divide hazardous areas into zones. Further information on zoning and on the avoidance of ignition sources can be found in TRGS 720 and in TRGS 722, TRGS 723 and TRGS 727.
Bild 4. Die Explosionsschutz-Regeln (DGUV Regel 113-001 – Teile 1 und 2) bündeln alle explosionsschutzrelevanten Technischen Regeln. Anlage 4 enthält die weltweit umfangreichste Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen. Weitere Informationen zur Zoneneinteilung sowie zur Zündquellenvermeidung bieten die TRGS 720 sowie TRGS 722, TRGS 723 und TRGS 727. Source/Quelle: DGUV

If a firm opts not to employ the zoning system it first has to assume that an hazardous explosive atmosphere is permanently present throughout the entire working area (worst case scenario). This means that protective measures have to be adopted in the form of a zone 0/20 allocation. In individual cases a company can specify other measures as part of its risk assessment strategy provided that these ensure the same level of safety. Examples are activities described in TRGS 507 ("Surface treatment in rooms and containers").

3.3 Third level of measures

The third level of measures involves the prevention of explosion propagation and/or the mitigation of the effects of an explosion. If, in spite of all the steps taken, it is not possible to safely preclude the possibility of an explosion occurring then certain design-related safety measures have to be put in place in order to minimise its potential impact. This means that containers and plant components are to be designed or equipped in such a way that no persons will be injured and that buildings and other structures will suffer the least possible damage in the event of an explosion. Such measures may, e.g., include:

- Explosion-resistant design: the container or installation is constructed to withstand the blast of an explosion.
- Explosion relief: here the explosion overpressure is dissipated by means of rupture discs, explosion valves or permanent openings to the atmosphere. The venting system must not pose a danger to any person.
- Explosion suppression: measures of this kind identify and suppress a developing explosion before it can achieve dangerous overpressure levels.

Measures also have to be put in place to prevent the propagation of an explosive blast to other vulnerable technical areas (explosion decoupling), such as by installing extinguisher barriers, rapid-action mechanical isolation, and rotary valves.

4 Documentation

Operators are required to record their explosion risk assessment in an explosion protection document, this forming a special section of the documentation of the risk assessment. Further information on this is available in DGUV Information 213-106 "Explosion protection document". Tests must also be recorded as laid down in the Operational Safety Ordinance (BetrSichV), see TRBS 1201 part 1 "Testing of plant and equipment operating in potentially explosive environments".

Verzichtet ein Betrieb auf die Zoneneinteilung, muss er zunächst davon ausgehen, dass g.e.A. im gesamten Arbeitsbereich dauerhaft auftritt (Worst-Case-Betrachtung). Somit sind Schutzmaßnahmen im Sinn der Zone 0/20 zu treffen. Für den Einzelfall können Unternehmen in der Gefährdungsbeurteilung andere Maßnahmen festlegen, solange diese das gleiche Sicherheitsniveau gewährleisten, etwa Tätigkeiten nach TRGS 507 „Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern").

3.3 Dritte Ebene der Maßnahmen

Die dritte Ebene der Maßnahmen ist eine Beschränkung der Ausbreitung bzw. der Auswirkungen einer Explosion. Lässt sich eine Explosion trotz aller Maßnahmen nicht sicher ausschließen, ist durch sogenannte konstruktive Schutzmaßnahmen ihre Auswirkung zu minimieren. Dabei werden Behälter und Anlagenteile so ausgelegt oder ausgerüstet, dass durch eine Explosion keine Personen verletzt sowie Gebäude und Anlagen geringstmöglich beschädigt werden. Beispiele für solche Maßnahmen:

- Explosionsfeste Bauweise: Der Behälter oder die Anlage halten einer Explosion im Inneren stand.
- Explosionsdruckentlastung: Hierbei wird der Explosionsüberdruck etwa über Berstscheiben, Explosionsklappen oder ständige Öffnungen an die Umgebung abgeführt. Die Druckentlastung darf niemanden gefährden.
- Explosionsunterdrückung: Diese Maßnahmen erkennen und ersticken eine angelaufene Explosion, bevor sie gefährliche Überdrücke erreicht.

Zusätzlich muss die Übertragung auf andere gefährdete Anlagenbereiche verhindert werden (explosionstechnische Entkopplung), etwa durch Löschmittelsperren, Schnellschlussschieber oder -klappen und Zellenradschleusen.

4 Dokumentation

Ihre Gefährdungsbeurteilung zum Explosionsschutz müssen Betriebe in einem sogenannten Explosionsschutzdokument dokumentieren, einem speziellen Teil der Gefährdungsbeurteilung. Informationen zum Thema bietet die DGUV Information 213-106 „Explosionsschutzdokument". Auch Prüfungen müssen nach BetrSichV dokumentiert werden, siehe TRBS 1201 Teil 1 „Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen".

Author / Autor
Dr. rer. nat. Maximilian Hanke-Roos, Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI), Heidelberg