



- Handbuch Gefährdungsbeurteilung – Teil 2
- 3 Gefahrstoffe

Inhaltsverzeichnis

3 Gefahrstoffe	2
3.1 Grundlagen	3
3.2 Gute Arbeitspraxis und Hygienestandards	13
3.2.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen	14
3.2.2 Ermittlung und Beurteilung	15
3.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle	16
3.2.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur	18
3.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter	19
3.2.6 Autorinnen und Ansprechpartnerin	21
3.3 Einatmen von Gefahrstoffen	22
3.3.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen	23
3.3.2 Ermittlung und Beurteilung	25
3.3.3 Arbeitsschutzmaßnahmen	29
3.3.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur	32
3.3.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter	33
3.3.6 Autorinnen und Ansprechpartnerin	34
3.4 Hautkontakt mit Gefahrstoffen	35
3.4.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen	36
3.4.2 Ermittlung und Beurteilung	38
3.4.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle	40
3.4.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur	42
3.4.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter	43
3.4.6 Autorinnen und Ansprechpartnerin	44
3.5 Brand- und Explosionsgefährdung	45
3.5.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen	47
3.5.2 Ermittlung und Beurteilung	50
3.5.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle	53
3.5.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur	58
3.5.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter	60
3.5.6 Autorinnen und Ansprechpartnerin	61
3.6 Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände	62
3.6.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen	63
3.6.2 Ermittlung und Beurteilung	67
3.6.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle	71
3.6.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur	76
3.6.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter	78
3.6.6 Autoren und Ansprechpartner	79

3 Gefahrstoffe



Die Forderung des Arbeitsschutzgesetzes, eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen, ist für Gefahrstoffe in der [Gefahrstoffverordnung \(GefStoffV\)](#) umgesetzt. Zu beurteilen sind tätigkeitsspezifische Gesundheitsgefährdungen durch Einatmen und Hautkontakt sowie Brand- und Explosionsgefährdungen. Alle Gefährdungen werden zunächst unabhängig voneinander beurteilt.

Nach Gefahrstoffverordnung zählen zu den Gefahrstoffen alle chemischen Stoffe oder Gemische am Arbeitsplatz, die die Gesundheit und Sicherheit von Beschäftigten gefährden können. Nicht immer sind sie mit einem Gefahrenkennzeichnung und Piktogrammen versehen; so wird z. B. Wasser an einem Feuchtarbeitsplatz zu einem Gefahrstoff. Gefahrstoffe können aber auch entstehen oder freigesetzt werden, z. B. Löt- und Schweißrauche, Pyrolyseprodukte, Abgase, Gefahrstoffe aus chemischen Reaktionen und Zersetzungs Vorgänge oder nicht immer bekannte Gefahrstoffe bei Recyclingtätigkeiten.

3.1 Grundlagen

Gefahrstoffe und Berufskrankheiten

Ein Blick auf die aktuellen Daten zu Berufskrankheiten zeigt, bei welchen Gefahrstoffen ein besonderer Handlungsbedarf bei der Gefährdungsbeurteilung besteht. Von ca. 155 000 Anzeigen sind im Jahr 2021 ein Drittel auf Einwirkungen durch Gefahrstoffe zurückzuführen. Auffällig sind die hohen Anteile von stoffbedingten Atemwegserkrankungen an Staubarbeitsplätzen und Hauterkrankungen durch überwiegend irritative Kontaktekzeme. Beide Erkrankungen lassen sich häufig auf nicht gekennzeichnete, entstehende oder freigesetzte Gefahrstoffe zurückführen. Ein deutlicher Rückgang der Anzeigen ist in den letzten 20 Jahren nicht zu erkennen. Eine geringere, aber nicht zu vernachlässigende Zahl der Anzeigen ist auf Erkrankungen durch Metalle und Metalloide, Lösemittel, Schädlingsbekämpfungsmittel, Erstickungsgase und sonstige Stoffe zurückzuführen [1].

Atemwegserkrankungen

Atemwegserkrankungen können durch das Einatmen von nicht löslichen, partikelförmigen Stäuben entstehen. Solche biobeständigen Stäube treten nach wie vor an vielen Arbeitsplätzen auf. Besonders betroffen sind das Baugewerbe, die Land- und Forstwirtschaft und produzierende Betriebe. Die Aufnahme kann über Mund und Nase erfolgen.

Größere Stäube werden in den oberen Atemwegen (Mund, Nase, Rachen) abgelagert. Stäube, die in die Bronchien oder die kleinen Bronchiolen gelangen, werden dort in eine Schleimschicht eingebettet und mithilfe von Flimmerehrhären in Richtung Rachen transportiert. Dort werden sie verschluckt oder abgehustet. Der ausgelöste Hustenreiz schützt die Lunge. Das Abhusten ist der wichtigste Schutzmechanismus der Lunge.

Feiner Staub kann bis in die Lungenbläschen (Alveolen) gelangen. Grundsätzlich wird auch hier durch einen natürlichen Reinigungsmechanismus einer Erkrankung der Atemwege entgegenwirkt. Der Staub wird über Fresszellen aufgenommen und beseitigt. Dieser Prozess ist langsam, sodass Staub über Monate und Jahre in den Alveolen verbleiben kann. Atmet der Beschäftigte über lange Zeiträume hohe Staubkonzentrationen ein, ist der natürliche Reinigungsprozess zunehmend überlastet. Das kann zu chronischem Husten als Folge von Entzündungen führen. Bei spezifischen alveolengängigen Stäuben wie Quarz, Metallstäuben und Asbest kann sogar Silikose oder Krebs entstehen. Ein Großteil der Atemwegserkrankungen ist noch heute auf Asbest zurückzuführen; Jahrzehnte nach dem Verwendungsverbot [2].

Eine mögliche Ursache für die nicht tolerierbare Zahl der Atemwegserkrankung ist, dass diese Erkrankungen nicht akut, sondern schleichend über längere Zeiträume entstehen. Das hat zur Folge, dass Arbeitgeber und die Beschäftigten die Gefährdung häufig nicht als solche erkennen und ignorieren. Der Gesetzgeber reagierte in den letzten Jahren darauf. Seit 2005 enthält die Gefahrstoffverordnung konkrete Vorgaben zum Schutz vor partikelförmigen Gefahrstoffen. Danach sind staubarme Materialien bevorzugt auszuwählen, staubarme Verfahren zu etablieren und Stäube am Entstehungsort zu erfassen. Kehren ohne staubbindende Mittel und das Abblasen von Staub mit Druckluft sind nur in begründeten Ausnahmefällen erlaubt. Diese grundlegenden Anforderungen an Staubarbeitsplätze und die Einhaltung des Allgemeinen Staubgrenzwertes für einatembare und alveolengängige Stäube sind die Basis für weitere Schutzmaßnahmen. Eine Hilfestellung zur Umsetzung von Staubschutzmaßnahmen enthält die Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 500 "Schutzmaßnahmen" im Abschnitt 9 und der EMKG-Schutzleitfaden 240 für "Staubarbeitsplätze" der BAuA [3].

Staubschutzmaßnahmen

Für einen Großteil der Stäube mit spezifischen Eigenschaften z. B. mit erbgutverändernder, krebserzeugender oder sensibilisierender Wirkung hat der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) spezifische TRGS erarbeitet. Diese bieten weitere konkrete Hilfestellungen bei der Gefährdungsbeurteilung und der Umsetzung von geeigneten Staubschutzmaßnahmen, z. B.:

TRGS 906 "Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren"

TRGS 505 "Blei"

TRGS 517 "Tätigkeiten mit potenziell asbesthaltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Gemischen und Erzeugnissen"

TRGS 519 "Asbest: Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten"

TRGS 521 "Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle"

TRGS 527 "Tätigkeiten mit Nanomaterialien"
 TRGS 528 "Schweißtechnische Arbeiten"
 TRGS 553 "Holzstaub"
 TRGS 554 "Abgase von Dieselmotoren"
 TRGS 559 "Quarzhaltiger Staub"
 TRGS 561 "Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen"

Kontaktekzem

Irritative Kontaktekzeme an den Händen sind die häufigsten beruflich bedingten Hauterkrankungen. Kontaktekzeme entstehen über einen längeren Zeitraum. Häufig sind Arbeiten im feuchten Milieu oder häufiges Reinigen oder Desinfizieren der Hände die Ursache. Betroffen sind z. B. Reinigungskräfte, Friseure, Küchenpersonal und Gesundheitsberufe. Kontaktekzeme entstehen durch eine Überbeanspruchung der Regulations- und Reparaturmechanismen der Hautbarriere. Die Zellen der obersten Hautschicht (Epidermis) sind geschädigt und erleichtern so das Eindringen von Gefahrstoffen; eine Ursache für Ekzeme oder Dermatitis. Schwere oder häufig wiederholte Erkrankungen führen oft zur Aufgabe des Berufes.

Arbeitsunfälle

Ein zusätzlicher Blick auf die meldepflichtigen Arbeitsunfälle zeigt, dass von 787 000 gemeldeten Unfällen 6 505 auf Gefahrstoffe zurückzuführen sind. Dabei kam es in 3 490 Fällen zu Verätzungen und in 950 Fällen zu einer Vergiftung. 1 600 Unfälle sind auf Kontakt mit heißen Gefahrstoffen, Gasen oder Feuer zurückzuführen. Die meisten Unfälle durch chemische oder heiße und entflammbare Gefahrstoffe ereignen sich in Küchen oder Kantinen. Betroffen sind aber auch metallverarbeitende Unternehmen, z. B. durch Funkenflug als Zündquelle bei Schweißarbeiten [4].

Nicht immer kommt es bei einem Brand oder einer Explosion zu einem angezeigten Arbeitsunfall; die tatsächlichen Zahlen der Schadensereignisse liegen um ein Vielfaches höher. Aktuelle Statistiken zeigen, dass in Deutschland pro Jahr ca. 180 000 Brände und Explosionen entstehen [5]. Eine aktuelle Zahl, wie viele Unternehmen betroffen waren und wie viele auf Gefahrstoffe zurückzuführen sind, ließ sich aus den Statistiken der Feuerwehren und Versicherungen nicht ableiten. Die Statistik [6] des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) zeigt aber, dass 2021 alleine 190 Großschadensereignisse in Unternehmen (Millionenschäden) stattgefunden haben. In vielen Fällen endet ein solches Ereignis in der Insolvenz des Unternehmens.

Branchen mit besonderen Brand- und Explosionsgefährdungen sind z. B.

- die chemische, Holzverarbeitende-, Pharma-, Nahrungsmittel-, Textil- und Futtermittelindustrie,
- Raffinerien,
- Entsorgungs-, Gasversorgungs- und Energie erzeugende Unternehmen,
- Lackier-, Recycling- und metallverarbeitende Betriebe, Gießereien,
- Landwirtschaft (z. B. Biogasanlagen oder Getreidesilos),
- Deponien, Klärwerke und
- der Tiefbau.

EU-Chemikalienverordnung REACH

Die REACH-Verordnung regelt die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Stoffen mit einer Jahresproduktion oberhalb einer Tonne. In drei Registrierungsphasen wurden diese bis 2018, in Abhängigkeit von Produktionsvolumen und Gefährdungspotenzial, von den Herstellern und Importeuren bei der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) registriert. Nach dem Prinzip "Keine Daten, kein Markt!" können Stoffe erst nach ihrer Registrierung vermarktet werden. Insgesamt wurden unter REACH bis zum 30. April 2023 102 649 Registrierungen für 22 371 Stoffe eingereicht [7]. Schon in der Registrierungsphase sind umfangreiche Daten zu physikalischen und chemischen Eigenschaften, zur toxikologischen Wirkung und zur Umwelttoxizität zu liefern. Die wichtigsten Informationen zu gefährlichen Stoffeigenschaften und Schutzmaßnahmen werden im Sicherheitsdatenblatt entlang der Lieferkette kommuniziert.

Durch Zulassungs- und Beschränkungsverfahren sollen besonders besorgniserregende Stoffe langfristig durch ungefährlichere Alternativen substituiert werden. Das Verzeichnis der zulassungspflichtigen Stoffe wird im Anhang XIV der REACH-Verordnung geführt, das Verzeichnis der Beschränkungen in Anhang XVII der REACH-Verordnung. Die Auflagen aus einer Zulassung oder einer Beschränkung sind zusätzlich in der Gefährdungsbeurteilung zu beachten.

Metalle und Metallverbindungen

Metalle und ihre Verbindungen sind ein wesentlicher Baustein vieler Alltagsgegenstände. Eine ganze Reihe von Metallen und ihre chemischen Verbindungen sind in der EU als krebserzeugend eingestuft, gehören somit zu den Stoffen mit besonderer Besorgnis für Mensch und Umwelt. Hierbei kommt vor allem dem Schutz der Beschäftigten eine große Bedeutung zu.

So wird, wie Arbeitsplatzmessungen und Expositionsabschätzungen belegen, bei Tätigkeiten mit dem zur Hartverchromung eingesetzten krebserzeugenden Chromtrioxid der Beurteilungsmaßstab in vielen Galvaniken um ein Vielfaches überschritten [8]. Der Ausschuss für Gefahrstoffe hat in der TRGS 561 "Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen" und mit dem Praxisbeispiel "Hartverchromung von Metallteilen wechselnder Größe (Lohngalvanik)" zur TRGS 460 "Ermittlung des Standes der Technik" geeignete Schutzmaßnahmen beschrieben. Langfristiges Ziel ist jedoch die Substitution von Chromtrioxid. Seit September 2017 darf Chromtrioxid auf Grundlage der REACH-Verordnung ohne Zulassung nicht mehr in der EU hergestellt oder verwendet werden.

Gefahrstoffmanagement und Gefährdungsbeurteilung

Gefahrstoffe kommen nicht nur in der chemischen Großindustrie vor. Viele kleine und mittlere Unternehmen werden immer wieder mit chemischen Produkten konfrontiert. Der erste Schritt ist auch für Arbeitgeber in kleinen Unternehmen ein gut funktionierendes Gefahrstoffmanagement. Das Gefahrstoffmanagement umfasst alle rechtlichen Anforderungen an Gefahrstoffe, die in einem Betrieb anfallen und organisiert werden müssen.

Die Gefährdungsbeurteilung ist der Mittelpunkt für ein gut funktionierendes Gefahrstoffmanagement. Die gesetzlichen Anforderungen an die Gefährdungsbeurteilung sind im § 6 der GefStoffV beschrieben und in der TRGS 400 "Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen" konkretisiert. Durch die systematische Vorgehensweise werden Gefährdungen ermittelt, verhindert oder zumindest minimiert. Zur Einschätzung der Höhe von Gefährdungen (Risiken) werden Informationen zu den Gefahrstoffeigenschaften, Arbeitsbedingungen und den ausgeübten Tätigkeiten im Betrieb benötigt.

Das Ergebnis sind Schutzmaßnahmen, die die Beschäftigten in ihrer Arbeitsumgebung beim Umgang mit Gefahrstoffen schützen. Die Gefahrstoffverordnung beschreibt im Abschnitt 4 einen gestuften Maßnahmenansatz. Dieser baut auf immer umzusetzenden "Allgemeinen Schutzmaßnahmen" (§ 8 GefStoffV) auf. Reichen diese nicht aus, sind zusätzliche Schutzmaßnahmen (§ 9 GefStoffV) und besondere Schutzmaßnahmen (§§ 10, 11 GefStoffV) zu ergreifen. Die Konkretisierung des gestuften Maßnahmenansatzes erfolgt in der TRGS 500 "Schutzmaßnahmen".

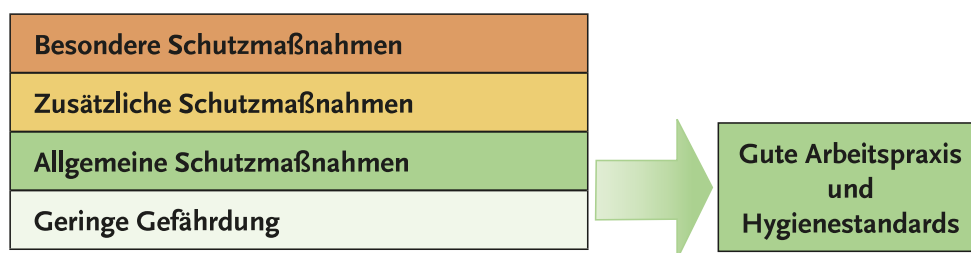


Abb. 3-1: Gestuftes Maßnahmenkonzept der GefStoffV

Die Gefährdungsbeurteilung endet nicht mit der Festlegung und Umsetzung von geeigneten Schutzmaßnahmen. Sie ist ein präventives Instrument, das in festgelegten Abständen und anlassbezogen geprüft und aktualisiert werden muss. Aktuelle Anlässe können gesetzliche Änderungen, z. B. neue Arbeitsplatzgrenzwerte oder Änderungen der Arbeitsbedingungen sein, aber auch Hinweise aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge, z. B. Hauterkrankungen, Erkenntnisse aus der Wirksamkeitskontrolle oder aus Unfallanalysen. Zeitlich festgelegte Prüfroutinen können gut mit den genannten Anlässen verknüpft werden. Die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung kombiniert mit einem Terminmanagement und festgelegten Zuständigkeiten ist ein gutes Steuerungsinstrument für das Gefahrstoffmanagement im Betrieb.

Fachkunde

Die GefStoffV geht davon aus, dass die Fachkraft für Arbeitssicherheit und die Betriebsärztin/der Betriebsarzt

fachkundig sein können. Als Generalist hat die Fachkraft für Arbeitssicherheit dabei eher eine koordinierende Funktion; d. h., durch ihre Ausbildung hat sie das Handwerkszeug, Gefährdungen zu erkennen, Risiken einzuschätzen und geeignete Schutzmaßnahmen festzulegen. Dabei kann sie gleichzeitig abschätzen, an welcher Stelle zusätzliche interne und externe Beratungsleistung erforderlich ist. Neben den staatlichen Aufsichtsbehörden und den Unfallversicherungsträgern kann es notwendig sein, z. B. einen Lüftungstechniker, Anlagenbauer, Explosionsschutzexperten, ein Messinstitut für Arbeitsplatzmessungen oder eine zur Prüfung von Arbeitsmitteln befähigte Person in die Gefährdungsbeurteilung einzubinden.

Die Gefährdungsbeurteilung für Gefahrstoffe umfasst ausreichende Kenntnisse über:

- die gefährlichen Eigenschaften der verwendeten Gefahrstoffe,
- Arbeitsabläufe und die auszuübenden Tätigkeiten (z. B. durch eine geeignete Berufsausbildung, Berufserfahrung oder eine entsprechend ausgeübte berufliche Tätigkeit),
- die Vorschriften im Gefahrstoffrecht,
- die Beurteilung der Arbeitsbedingungen und
- Schutzmaßnahmen und ihre Wirksamkeit.

Umfang und Tiefe der notwendigen Kenntnisse sind abhängig von der Branche, dem Betrieb und der Tätigkeit. Diese können daher unterschiedlich sein und müssen nicht in einer Person vereinigt sein. Kenntnisse im Arbeitsschutzrecht und in branchenspezifischen Besonderheiten können in spezifischen Seminaren vertieft werden. Anbieter sind z. B. die Unfallversicherungsträger, die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Verbände, TÜV-Akademien, Industrie- und Handelskammern oder andere Beratungsunternehmen. Die Unfallversicherungsträger bieten die Seminare für ihre Mitgliedsbetriebe häufig kostenlos an. Informationen zur Gefahrstoffverordnung sowie neuen und überarbeiteten Technischen Regeln für Gefahrstoffe sind erhältlich über den TRGS Newsletter [9] des Ausschusses für Gefahrstoffe. Umfangreiche Informationen über Aktuelles aus der Arbeit der Unfallversicherungsträger sind über den Newsletter [10] der deutschen gesetzlichen Unfallversicherungsträger (DGUV) zugänglich.

Die Betriebsärztin oder der Betriebsarzt haben die Pflicht, den Arbeitgeber nach der Arbeitsmedizinischen Vorsorgeverordnung (§§ 4, 5 ArbMedVV) zur Pflicht-, Angebots- oder Wunschvorsorge persönlich zu beraten. Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, die hiervon betroffen sein können, sind im Anhang 1 Teil 1 der ArbMedVV gelistet. Darüber hinaus muss der Arbeitgeber in seiner Unterweisung eine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung durchführen. In vielen Fällen kann es sinnvoll sein, Betriebsärztin oder Betriebsarzt zu beteiligen.

Substitutionsprüfung

Die Gefährdungsbeurteilung beginnt mit einer Substitutionsprüfung, deren Schritte in der TRGS 600 "Substitution" konkretisiert sind. Die weiteren Technischen Regeln in der 600er-Reihe beschreiben spezifische Substitutionslösungen für Gefahrstoffe. Darüber hinaus enthält die TRGS 600 unter "Literaturhinweise" weiterführende Informationen zu Ersatzstoffen und Ersatzverfahren. Im Anhang 3 der TRGS 600 sind Abwägungsgründe für die Bewertung von Substitutionslösungen beschrieben.

Bei der Ersatzstoffprüfung von Gefahrstoffen sind alle Gefahrstoffeigenschaften zu beachten. Diese Forderung erfüllt das Spaltenmodell (TRGS 600, Anhang 2). Das Spaltenmodell bewertet Gesundheitsgefahren, Umweltgefahren, Brand- und Explosionsgefahren, Gefahren durch das Freisetzungverhalten und bedingt durch das Arbeitsverfahren. Fehlen Informationen, ist es nicht sinnvoll, Gefahrstoffe mit bekannten gefährlichen Eigenschaften durch Gefahrstoffe mit unbekannten Eigenschaften zu ersetzen.

Die Substitutionsprüfung setzt häufig und sinnvollerweise schon beim Einkauf von Gefahrstoffen an; z. B. mit Information aus dem Sicherheitsdatenblatt und der Einbindung einer fachkundigen Person. Sicherheitsdatenblätter sind in vielen Fällen schon vor dem Kauf online zugänglich. Eine weitere Zugangsmöglichkeit zu Sicherheitsdatenblättern bietet das ISI – Informationssystem für Sicherheitsdatenblätter [11] des Instituts für Arbeitsschutz der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (IFA).

Bei der Substitutionsprüfung sind auch emissionsarme Verwendungsformen und Verpackungen von Gefahrstoffen zu berücksichtigen. Zur Minimierung von Staubbelastungen sind beim Einkauf staubarme Verwendungsformen zu bevorzugen, z. B. befeuchtete Rohstoffe, Granulate, Pasten oder bereits fertig gemischte Materialien wie Mörtel oder Spachtelmasse. Eine weitere emissionsmindernde Substitutionslösung ist die bevorzugte Beschaffung von lösemittelarmen Produkten, z. B. beim Einkauf von Farben oder Reinigungsmitteln im Offsetdruck.

Informationsermittlung

Die Grundlagen für die Gefährdungsbeurteilung sind leicht zugängliche Informationen. An erster Stelle ist das

Sicherheitsdatenblatt zu beachten. Weitere wichtige Informationsquellen sind nach TRGS 400:

- Technische Regeln für Gefahrstoffe und Empfehlungen des Ausschusses für Gefahrstoffe,
- Kennzeichnungsetikett auf der Verpackung, Gebrauchsanweisungen, technische Merkblätter, die aus Melde-, Risikobewertungs- oder Zulassungsverfahren gewonnene Erkenntnisse beschreiben,
- branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen (z. B. Regeln und Informationen der Unfallversicherungsträger, Handlungsanleitungen zur guten Arbeitspraxis, Schutzleitfäden),
- branchenbezogene Gefahrstoff- und Produktbewertungen der Unfallversicherungsträger (z. B. GISBAU Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft [12], GisChem Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie und der BG Holz und Metall [13],
- Stoffinformationen der Bundesländer und der Unfallversicherungsträger (z. B. GESTIS [14] und andere Datenbanken des Institutes für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV), Informationssystem für gefährliche Stoffe (IGS) des Landes Nordrhein-Westfalen [15], Gefahrstoffdatenbank der Länder (GDL) [16],
- Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [17], GESTIS-Stoffmanager/Stoffenmanager® [18],
- Stoffinformationen der Europäischen Chemikalienagentur ECHA [19].

Darüber hinaus enthalten einige Technische Regeln für die Arbeitsstätten (ASR) relevante Informationen zu Lüftung, Maßnahmen bei Bränden, Fluchtwegen und Notausgängen, Flucht- und Rettungsplänen. Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) enthalten Informationen über die sichere Verwendung von Arbeitsmitteln.

Neben der harmonisierten Einstufung des Anhangs VI der CLP-Verordnung kann eine Einstufung in der TRGS 905 "Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe" oder in der TRGS 907 "Verzeichnis sensibilisierender Stoffe und von Tätigkeiten mit sensibilisierenden Stoffen" vorliegen. Diese TRGS enthalten Gefahrstoffe, die nicht im Anhang VI der CLP-Verordnung genannt sind oder für die der AGS eine von der CLP-Verordnung abweichende Einstufung beschlossen hat. Die TRGS 905 verweist zusätzlich auf weitere zu berücksichtigende Stoffgruppen wie krebserzeugende Arzneistoffe, Passivrauchen am Arbeitsplatz und anorganische Faserstäube. Zu berücksichtigen ist auch, dass Gefahrstoffe während einer Tätigkeit oder durch das angewendete Verfahren entstehen können. Die TRGS 906 enthält ein Verzeichnis mit Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen krebserzeugende Gefahrstoffe entstehen oder freigesetzt werden.

In spezifischen Technischen Regeln sind verbindliche Grenzwerte oder andere Beurteilungsmaßstäbe von Gefahrstoffen mit konkreten Arbeitsschutzmaßnahmen verknüpft, z. B. in den nach TRGS 420 beschriebenen verfahrens- und stoffspezifischen Kriterien für bestimmte Tätigkeiten und Branchen. Technische Regeln entsprechen dem Stand der Technik und haben Vermutungswirkung, d. h., setzt der Arbeitgeber die Vorgaben um, sind die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung erfüllt.

Die Informationsermittlung führt häufig zu einer branchen- oder tätigkeitsspezifischen Hilfestellung. Diese werden von Fachgremien erarbeitet und geben, konkret auf bestimmte Branchen, Tätigkeiten, Verfahren und Gefahrstoffe abgestimmt, Empfehlungen zu Schutzmaßnahmen. Hierzu zählen neben den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), die berufsgenossenschaftlichen Regeln (BGR) und Informationen (BGI) der Unfallversicherungsträger sowie Handlungsanleitungen zur guten Arbeitspraxis (Bundesländer, BAuA). Eine umfangreiche Sammlung von Handlungsanleitungen der Unfallversicherungsträger stellt die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) in ihrem Publikationsportal [20] zur Verfügung.

Bevor eine branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellung umgesetzt wird, ist zu prüfen, ob sie aktuell ist, sich auf den Stand der jeweiligen Verordnung und die gültigen Beurteilungsmaßstäbe bezieht. Weitere Anforderungen an die Qualität von Hilfestellungen enthält die Anlage 2 der TRGS 400. Diesen Qualitätsansprüchen genügen in der Regel Empfehlungen der Arbeitsschutzausschüsse, DGUV Vorschriften, -Regeln und -Informationen, Veröffentlichungen der Arbeitsschutzbehörden der Bundesländer sowie Erkenntnisse der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin oder auch Normen.

Gefahrstoffverzeichnis

Alle im Betrieb verwendeten und freigesetzten Gefahrstoffe sind in einem Verzeichnis zu führen. Das Gefahrstoffverzeichnis erleichtert die systematische Vorgehensweise in einer Gefährdungsbeurteilung. Es ist ratsam, das Verzeichnis nach der betriebsspezifischen Organisationsstruktur zu gliedern. Das Gefahrstoffverzeichnis sollte enthalten:

- Bezeichnung des Gefahrstoffs
- Einstufung, ergänzende Gefahrenmerkmale und Kennzeichnungselemente (EUH-Sätze) sowie sonstige Eigenschaften, die den Arbeitsstoff zu einem Gefahrstoff machen (z. B. Arbeitsplatzgrenzwert, stark staubend)

- Angaben zu den im Betrieb verwendeten Mengenbereichen
- Bezeichnung der Arbeitsbereiche
- Verweis auf Sicherheitsdatenblätter

Gefährdungsbeurteilung

In Technischen Regeln, branchen- und tätigkeitsspezifischen Hilfestellungen oder vorhandenen Gefährdungsbeurteilungen Dritter wurden die Schritte der Gefährdungsbeurteilung bereits von den Erstellern durchlaufen und Schutzmaßnahmen festgelegt. Genügen sie den o. g. Qualitätsanforderungen, können diese im Unternehmen umgesetzt werden. Dabei sind die eigenen betrieblichen Arbeitsbedingungen und Besonderheiten zu beachten. Fehlende Aussagen, z. B. zu Gefährdungen durch Hautkontakt oder zum Brand- und Explosionsschutz müssen zusätzlich beurteilt werden. Organisatorische Vorgaben wie das Führen eines Gefahrstoffverzeichnis, Betriebsanweisungen, Unterweisungen, funktionsfähige und wirksame Schutzmaßnahmen sind immer zusätzlich zu treffen.

Häufig decken die Technischen Regeln und andere Hilfestellungen nicht alle Gefährdungen durch Gefahrstoffe in einem Betrieb ab. Hier ist die Beurteilung der Gefährdung selbstständig vorzunehmen. Für die Festlegung der Schutzmaßnahmen ist die Höhe der Gefährdung (Risiko) ausschlaggebend. Diese ergibt sich bei einer Gesundheitsgefährdung aus der intrinsischen Gefahrstoffeigenschaft und der Expositionshöhe während der Tätigkeit. Bei Brand- und Explosionsrisiken wird die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Ereignisses eingeschätzt. In den nachfolgenden Kapiteln 3.2 bis 3.4 wird das Einfache Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) [17] als eine systematische Beurteilungsmethode mit den Modulen Haut, Einatmen, Brand und Explosion vorgestellt. Das Ergebnis sind drei gefährdungsspezifische Maßnahmenstufen, konkretisiert durch Schutzleitfäden. Ein EMKG-Schutzleitfaden besteht aus verschiedenen Maßnahmenpaketen, z. B. zur Arbeitsplatzgestaltung, Wirksamkeitsüberprüfung und zu spezifischen Schutzmaßnahmen zu den einzelnen Gefährdungen. Zusätzlich zu den Ausführungen in diesem Handbuch gibt es vertiefende EMKG-Produkte [21].

Tab. 3-1: Übersicht über die EMKG-Produkte

EMKG-Produkt	Beschreibung
EMKG-Leitfäden "EMKG 2.2" und "EMKG-Modul Brand und Explosion"	Anleitung für die EMKG-Module "Haut", "Einatmen", "Brand und Explosion"
EMKG-Software: Servervariante und Einzelplatzversion	Zur systematischen Umsetzung und Dokumentation der EMKG-Module "Einatmen" und "Haut"
EMKG kompakt und EMKG kompakt App	Zur schnellen mobilen Einschätzung der Gefährdung
Schulungsmaterialien und Poster	Anschauliche Präsentationen zum besseren Verständnis

Wirksamkeitskontrolle

Der Arbeitgeber ist aufgefordert, die umgesetzten Schutzmaßnahmen regelmäßig auf ihre Wirksamkeit zu prüfen und bei Bedarf nachzubessern. Dabei muss nachgewiesen werden, dass die aufgestellten Schutzziele, z. B. die Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten oder anderen Beurteilungsmaßstäben, eingehalten sind. Dieser Nachweis kann durch eine Arbeitsplatzmessung oder eine nicht messtechnische Ermittlungsmethode (Berechnungen, Übertragung von Ergebnissen von vergleichbaren Arbeitsplätzen) erbracht werden. Weitere wichtige Erkenntnisse liefern arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen. Für Brand- und Explosionsgefährdungen kann eine Konzentrationsmessung erforderlich sein, wenn Zündquellen nicht auszuschließen sind.

Technische Schutzeinrichtungen (z. B. raumlufttechnische Anlagen oder Absaugungen) sind regelmäßig auf ihre ordnungsmäßige Funktion zu prüfen. Hierzu gehört das Überwachen von Sollwerten (z. B. von Volumenströmen, Luftgeschwindigkeit) unter Beachtung von Herstellerangaben oder technisch erfassbaren Störeinflüssen wie z. B. Querströmungen. Die Überprüfung muss nach Gefahrstoffverordnung regelmäßig, mindestens jedoch im 3-Jahres-Abstand erfolgen; bei Einrichtungen zum Abscheiden, Erfassen und Niederschlagen von Stäuben mindestens jährlich.

Darüber hinaus sollten regelmäßige, möglichst tägliche Sicht- und Funktionskontrollen festgelegt werden, z. B. die

Überprüfung der Funktion einer Absauganlage nach dem Einschalten. Zu achten ist zusätzlich auf sicht- oder hörbare Veränderungen sowie auftretende Mängel an persönlicher Schutzausrüstung und Arbeitsmitteln.

Regelmäßige Betriebsbegehungen und Gespräche mit den Beschäftigten stellen sicher, dass Veränderungen in den Arbeitsabläufen auffallen und die Betriebs- und Hygienestandards im Betrieb akzeptiert und eingehalten werden. Dabei ist auch zu ermitteln, ob den Beschäftigten ausreichend Zeit für die Umsetzung von Hygienemaßnahmen und die Reinigung der Arbeitsplätze eingeräumt wird.

Dokumentation

Der Umfang und die Dokumentation einer Gefährdungsbeurteilung kann durch eine geschickte Vernetzung von Gefahrstoffverzeichnis, betriebs- und tätigkeitsspezifischen Informationen, Messberichten und Betriebsanweisungen sehr schlank gehalten werden. Durch die Dokumentation wird das Maßnahmenniveau für Dritte, wie z. B. den Vollzug, nachvollziehbar und transparent. Weiterhin kann die Dokumentation, kombiniert mit einem Terminmanagement und festgelegte Zuständigkeiten, ein Steuerungsinstrument sein; z. B. für geplante neue Schutzmaßnahmen, Wirksamkeitskontrollen und regelmäßige Betriebsbegehungen. Eingebettet in einem realistischen Planungszeitraum kann das Schutzniveau so kontinuierlich an den Stand der Technik angepasst werden. Die Beurteilung der einzelnen Gefährdungsfaktoren fließt idealerweise in einem Dokument zusammen, dadurch kann die gegenseitige Beeinflussung der Gefährdungsfaktoren sichtbar werden.

Folgende Angaben müssen in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung mindestens enthalten sein:

- Zeitpunkt und beteiligte Personen
- Arbeitsbereiche und Tätigkeiten
- Gefährdungen: Haut, Einatmen, Brand und Explosion
- Häufigkeit und Dauer der Tätigkeit
- geplante und umgesetzte technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen zur Minimierung der Gefährdungen
- falls notwendig und vorhanden: Dokumentation der Zoneneinteilung
- Vorgaben der Zusammenarbeit von verschiedenen Firmen
- Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen
- die aktuellen Prüfergebnisse der Funktionsprüfung von technischen Schutzmaßnahmen nach Herstellerangaben
- Prüfergebnisse zum Explosionsschutz nach Anhang 2 Abschnitt 3 der Betriebssicherheitsverordnung
- Einflussfaktoren, die die Aufnahme des Gefahrstoffs in den Körper erhöhen (z. B. schwere körperliche Arbeit, Hitze- oder Kältearbeitsplätze)?
- Substitutionsprüfung, bei zusätzlichen Schutzmaßnahmen mit Ergebnis

Zusätzlich wird empfohlen, in der Dokumentation die Umsetzungs- und Prüffristen sowie zuständige Personen festzuhalten.

Die Anwendung einer Technischen Regel oder einer anderen Handlungsempfehlung entbindet nicht von der Dokumentationspflicht. Bei Angaben, die aus der Handlungsempfehlung hervorgehen, genügt ein Verweis.

Expositionsverzeichnis

Bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen der Kategorien 1 oder 2 müssen Höhe und Dauer der Belastungen für die Beschäftigten aufgezeichnet werden. Das Verzeichnis ist bis 40 Jahre nach der Exposition aufzubewahren, bei Beendigung des Arbeitsverhältnisses ist es den Beschäftigten auszuhändigen, wobei eine Kopie dieses Verzeichnisses und die Personalunterlagen weiterhin aufzubewahren sind. Konkretisiert sind die Anforderungen in der TRGS 410 "Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B".

Das Institut für Arbeitsschutz der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) bietet eine zentrale Expositionsdatenbank (ZED) [22] zur Erfassung der exponierten Beschäftigten an. Diese erleichtert die langfristige Beweissicherung für die Anerkennung möglicher Berufskrankheiten. Sie ist ein Angebot der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV), um die Erfüllung der Verpflichtungen der Unternehmen nach der Gefahrstoffverordnung sicherzustellen und auch den Beschäftigten den Zugang zu ihren Daten zu erleichtern.

Mutterschutzgesetz (MuSchG)

Eine Gefährdungsbeurteilung nach dem Mutterschutzgesetz (MuSchG) ist präventiv für jeden Arbeitsplatz und jede Tätigkeit durchzuführen, unabhängig davon, ob eine Schwangerschaft oder ein Stillen des Kindes gemeldet

wurde. Aber auch unabhängig davon, ob ein Mann oder eine Frau an diesem Arbeitsplatz arbeitet. Sobald eine Frau dem Arbeitgeber mitteilt, dass sie schwanger ist oder stillt, hat der Arbeitgeber unverzüglich die in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Maßnahmen zum Schutz von Mutter und Kind umzusetzen. Dabei hat der Arbeitgeber die Arbeitsbedingungen so zu gestalten, dass eine unverantwortbare Gefährdung ausgeschlossen wird. Unzulässige Tätigkeiten mit Gefahrstoffen für schwangere Frauen sind im § 11 MuSchG und für stillende Frauen im § 12 MuSchG geregelt.

Eine unverantwortbare Gefährdung für schwangere Frauen nach § 11 liegt vor bei Tätigkeiten, bei denen sie folgenden Gefahrstoffen ausgesetzt sind oder sein können. Weitere Konkretisierungen und Beispiele werden in den Regeln des Ausschusses für Mutterschutz zurzeit erarbeitet.

Der Stoff oder das Gemisch ist nach CLP-Verordnung eingestuft und wie in Tab. 3 2 dargestellt gekennzeichnet. Die Kennzeichnung ist auf dem Etikett oder im Abschnitt 2 des Sicherheitsdatenblattes zu finden. Das Mutterschutzgesetz verweist im § 11 explizit auf den Anhang I der CLP-Verordnung. Darüber hinaus kann die TRGS 905 "Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe" weitere Hinweise geben.

Tab. 3-2: Beschäftigungsverbote für schwangere Frauen

Eigenschaft	Piktogramm	Signalwort	Gefahrenhinweis
Fruchtbarkeits-gefährdend/Fruchtschädigend		Gefahr Achtung	H360 Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen. H361 Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.
Laktation			H362 Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen
Keimzellmutagen		Gefahr	H340 Kann genetische Defekte verursachen.
Kanzerogen		Gefahr	H350 Kann Krebs erzeugen. H350i Kann beim Einatmen Krebs erzeugen.
Spezifische Zielorgan-toxizität (einmalige Exposition)		Gefahr	H370 Schädigt die Organe.
Akut toxisch		Gefahr	H300 Lebensgefahr bei Verschlucken. H310 Lebensgefahr bei Hautkontakt H330 Lebensgefahr bei Einatmen H301 Giftig bei Verschlucken H311 Giftig bei Hautkontakt H331 Giftig bei Einatmen

2. Nicht alle Gefahrstoffe sind eingestuft und gekennzeichnet. Die TRGS 905 verweist auf Stoffgruppen (z. B. krebserzeugende Arzneistoffe, Passivrauchen am Arbeitsplatz), die Beispiele für eine unverantwortbare Gefährdung sein können. Die TRGS 906 "Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Absatz 2 Nummer 3 GefStoffV" enthält weitere Beispiele für die Freisetzung von krebserzeugenden Gefahrstoffen. Explizit im Mutterschutzgesetz genannt sind Blei und Bleiderivate, wenn sie vom Körper aufgenommen werden können.

Zu beurteilen ist auch, ob es weitere unverantwortbare Gefährdungen gibt, die auch bei Einhaltung der arbeitsplatzbezogenen Vorgaben möglicherweise zu einer Fruchtschädigung führen können. Mit arbeitsplatzbezogenen Vorgaben ist z. B. die Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten gemeint. Hinweise zur fruchtschädigenden Wirkung von Stoffen sind in der TRGS 900 "Arbeitsplatzgrenzwerte" in der Spalte "Bemerkungen" durch die Abkürzungen Y und Z gegeben. Die Abkürzungen bedeuten

- Y: "Ein Risiko der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes und des biologischen Grenzwertes (BGW) nicht befürchtet zu werden."

- Z: "Ein Risiko der Fruchtschädigung kann auch bei Einhaltung des AGW und des BGW nicht ausgeschlossen werden."

Ist kein Hinweis auf die fruchtschädigende Wirkung enthalten, ist dieser Stoff noch nicht entsprechend bewertet; das bedeutet, dass eine fruchtschädigende Wirkung nicht ausgeschlossen werden kann.

Weitere Hinweise zur fruchtschädigenden Wirkung sind in der MAK- und BAT-Werte-Liste [23] der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) enthalten. Diese definiert vier Gruppen A bis D.

- Gruppe A: "Eine fruchtschädigende Wirkung ist beim Menschen sicher nachgewiesen und auch bei Einhaltung des MAK und BATWertes zu erwarten."
- Gruppe B: "Eine fruchtschädigende Wirkung ist nach den vorliegenden Informationen bei Exposition in Höhe des MAK und BATWertes nicht auszuschließen. In der jeweiligen Begründung ist, sofern die Bewertung der Datenlage durch die Kommission es ermöglicht, ein Hinweis gegeben, welche Konzentration der Zuordnung zur Schwangerschaftsgruppe C entsprechen würde. Die Stoffe mit einem Hinweis werden in der MAK und BAT WerteListe mit der Fußnote, 'Hinweis auf Voraussetzung für Gruppe C siehe Begründung' versehen."
- Gruppe C: "Eine fruchtschädigende Wirkung ist bei Einhaltung des MAK und BATWertes nicht anzunehmen."
- Gruppe D: "Für die Beurteilung der fruchtschädigenden Wirkung liegen entweder keine Daten vor oder die vorliegenden Daten reichen für eine Einstufung in eine der Gruppen A, B oder C nicht aus."

Eine unverantwortbare Gefährdung für stillende Frauen nach § 12 MuSchG liegt vor bei Tätigkeiten, bei denen sie z. B. folgenden Gefahrstoffen ausgesetzt sind oder sein können:

1. Der Stoff oder das Gemisch ist als reproduktionstoxisch nach der Zusatzkategorie für Wirkung auf oder über die Laktation zu bewerten (siehe Tab. 3-2) oder
2. Blei und Bleiderivate, soweit die Gefahr besteht, dass diese Stoffe vom menschlichen Körper aufgenommen werden.

Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG)

Jugendliche dürfen nach § 22 JArbSchG Tätigkeiten mit Gefahrstoffen im Sinne der GefStoffV nur ausüben, wenn es für die Erreichung ihres Ausbildungsziels erforderlich ist, die Aufsicht eines Fachkundigen gewährleistet und die Grenzwerte und Beurteilungsmaßstäbe unterschritten sind.

Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen, EU-Richtlinien

www.gesetze-im-internet.de; <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe
- Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung (CLP)
- Arbeitsschutzgesetz
- Mutterschutzgesetz
- Jugendarbeitsschutzgesetz
- Gefahrstoffverordnung
- Arbeitsmedizinischen Vorsorgeverordnung

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- BAuA: Technische Regeln für Gefahrstoffe, www.baua.de/TRGS

Literatur

- [1] *Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit - Berichtsjahr 2021*. Unfallverhütungsbericht Arbeit. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2022
- [2] *Nationales Asbest-Profil Deutschland, 2. Auflage*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2020
- [3] Schutzleitfäden konkretisieren die EMKG Maßnahmenstufe. Internetseite der BAuA. [Online] [Zitat vom: 20.05.2020.] <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrstoffe/EMKG/EMKG-Schutzleitfaeden.html>
- [4] Arbeitsunfallgeschehen 2018. s. l.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherungen (DGUV), 2019 <https://publikationen.dguv.de/zahlen-fakten/schwerpunkt-themen/3680/arbeitsunfallgeschehen-2019>

- [5] Deutscher Feuerwehrverband. [Online] [Zitat vom: 22.06.2020.]
<https://www.feuerwehrverband.de/app/uploads/2020/05/Statistik.pdf>
- [6] Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV). [Online] [Zitat vom: 22.05.2020.]
<https://www.gdv.de/de/zahlen-und-fakten/versicherungsbereiche/nicht-private-sach-24066>
- [7] REACH registration statistics der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA). [Online] 12.06.2023. [Zitat vom: 20.04.2023.] https://echa.europa.eu/documents/10162/2741157/registration_statistics_en.pdf
https://echa.europa.eu/documents/10162/2741157/registration_statistics_en.pdf
- [8] *Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit - Berichtsjahr 2017*. Unfallverhütungsbericht Arbeit. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2018
- [9] E-Mail-Service: Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS). [Online] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. [Zitat vom: 24.04.2023.] https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-Newsletter/TRGS-Newsletter_node.html
- [10] Newsletterservice der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherungsträger (DGUV). [Online] [Zitat vom: 24.04.2023.] <https://www.dguv.de/de/mediencenter/dguv-newsletter/index.jsp>
- [11] ISI - Informationssystem für Sicherheitsdatenblätter des Instituts für Arbeitsschutz der deutschen gesetzlichen Unfallversicherungen (IFA). [Online] [Zitat vom: 24.04.2023.] <https://www.dguv.de/ifa/gestis/isi-informationssystem-fuer-sicherheitsdatenblaetter/index.jsp>
- [12] GISBAU Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft. [Online] [Zitat vom: 22.05.2020.] <https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/gefahrstoffe/gisbau/>
- [13] GisChem Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie und der Berufsgenossenschaft Holz und Metall. [Online] [Zitat vom: 24.04.2023.]
<https://www.gischem.de/index.htm>
- [14] GESTIS-Stoffdatenbank. Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. [Online] [Zitat vom: 24.04.2023.] <https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>
- [15] Informationssystem für gefährliche Stoffe (IGS) des Landes Nordrhein-Westfalen. [Online] [Zitat vom: 24.04.2023.] <https://www.umwelt.nrw.de/umwelt/umweltzustand-und-umweltinformationen/igs-informationssystem-fuer-gefaehrliche-stoffe>
- [16] Gefahrstoffdatenbank der Länder (GDL). [Online] [Zitat vom: 22.05.2020.]
- [17] Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. [Online] [Zitat vom: 24.04.2023.] <http://www.baua.de/emkg>
- [18] GESTIS-Stoffenmanager ®. Hilfestellung bei der Gefährdungsbeurteilung und Abschätzung der inhalativen Exposition. [Online] [Zitat vom: 24.04.2023.] <https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffenmanager/index.jsp>
- [19] Stoffinformationen der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA). [Online] [Zitat vom: 24.04.2023.]
<https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals>
- [20] Publikations-Portal der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherungen. [Online] [Zitat vom: 24.04.2023.]
<https://publikationen.dguv.de/>
- [21] Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Produkte zur Gefährdungsbeurteilung. [Online] [Zitat vom: 24.04.2023.]
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis-kompakt/F89.html>
- [22] Zentrale Expositionsdatenbank (ZED) des Instituts für Arbeitsschutz der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (IFA). [Online] [https://www.dguv.de/ifa/gestis/zentrale-expositionsdatenbank-\(zed\)/index.jsp](https://www.dguv.de/ifa/gestis/zentrale-expositionsdatenbank-(zed)/index.jsp)
- [23] Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: *MAK- und BAT-Werte-Liste 2019*. Mitteilung 55. Weinheim: Wiley-VCH, 2019

Autoren

Dipl.-Ing. Annette Wilmes

Dr. rer. nat. Melanie Berghaus

3.2 Gute Arbeitspraxis und Hygienestandards

Eine Gefährdungsbeurteilung basiert auf einer guten Organisation und muss im ersten Schritt gut vorbereitet werden. So empfiehlt es, sich als Einstieg zunächst Arbeitsbereiche festzulegen, z. B. Produktion, Lager, Büro, Werkstatt. Danach sind die jeweiligen Arbeitsplätze und Tätigkeiten zu erfassen. Der Begriff "Tätigkeit" umfasst nach GefStoffV alle Tätigkeiten mit Gefahrstoffen. Neben der Herstellung und Verwendung von Gefahrstoffen sind Wartungsarbeiten, Bedien- und Überwachungsarbeiten, Lagern und Entsorgen ebenfalls Tätigkeiten im Sinne der GefStoffV.

Auf Grundlage dieses Einstiegs können im nächsten Schritt Schutzmaßnahmen zur guten Arbeitspraxis und Hygienestandards etabliert werden. Die Allgemeinen Schutzmaßnahmen der GefStoffV beschreiben die Anforderungen an eine gute Arbeitspraxis und Hygienestandards für alle Arbeitsbereiche mit Gefahrstoffen. Für Arbeitsbereiche mit staubenden Gefahrstoffen sind zusätzlich die immer zutreffenden Staubschutzmaßnahmen nach Anhang 1 der GefStoffV zu berücksichtigen. Durch die Umsetzung dieser Schutzmaßnahmen wird eine gut funktionierende Basis für weitere zusätzliche Schutzmaßnahmen geschaffen.

3.2.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen

Durch mangelnde Hygiene können Gefahrstoffe z. B. über die Hände ins Gesicht gelangen und verschluckt werden. Das Verschlucken von Gefahrstoffen spielt aber auch dann eine Rolle, wenn am Arbeitsplatz gegessen und getrunken wird oder Lebensmittel am Arbeitsplatz aufbewahrt werden. Das Umfüllen und Lagern von Gefahrstoffen in Getränkeflaschen oder anderen Lebensmittelbehältern ist verboten. Alle Behälter sind ausreichend zu kennzeichnen, z. B. bei der Probenahme.

Behälter sind nach Gebrauch zu verschließen; z. B. schützen geschlossene Lösemittelbehälter vor Bränden und senken die Lösemittelbelastung am Arbeitsplatz. Auch ein aufgeräumter Arbeitsplatz kann Gefährdungen vermeiden; ein Beispiel ist die Batterie, die durch die Berührung mit Stahlwolle ein Glimmnest verursachen kann. Durch gute Gestaltung und regelmäßige Reinigung von Arbeitsplätzen werden Staubablagerungen vermieden. Dieses schützt nicht nur vor Atemwegserkrankungen, sondern auch vor einer Staubexplosion. Dieses Risiko besteht schon bei sichtbaren Hand- oder Fußabdrücken; denn das Aufwirbeln einer gleichmäßig verteilten Staubschicht in einem Raum kann für eine Explosion ausreichend sein.

Darüber hinaus können Gefahrstoffe in andere Bereiche verschleppt werden, z. B. in Privatbereiche, wo nicht mit gefährlichen Stoffen gerechnet wird und deshalb auch keine Schutzmaßnahmen ergriffen werden.

3.2.2 Ermittlung und Beurteilung

Wie die Gefahrstoffverordnung unterscheidet das Einfache Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) [1] zwischen allgemeinen, immer umzusetzenden Hygienestandards im Sinne einer guten Arbeitspraxis und Tätigkeiten, die zusätzliche Schutzmaßnahmen erfordern. Als Umsetzungshilfe bietet das EMKG die Schutzleitfäden [2] der Reihe 100 an. Diese sind wie Checklisten aufgebaut, nicht länger als zwei DIN-A4-Seiten und bieten die Möglichkeit einer Maßnahmendokumentation. Die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen ist regelmäßig zu prüfen. Wichtige Vorgaben und Anhaltspunkte hierzu sind in den Schutzleitfäden integriert.

3.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

Schutzleitfäden der Reihe 100 beschreiben die Mindestanforderungen an Lüftung, Organisations- und Hygienemaßnahmen, Brandschutzmaßnahmen sowie an das Lagern und Bereitstellen von Gefahrstoffen.

- Schutzleitfaden 100: Freie Lüftung
- Schutzleitfaden La-101: Bereitstellen und Lagern
- Schutzleitfaden 110: Organisations- und Hygienemaßnahmen "Einatmen"
- Schutzleitfaden 120: Organisations- und Hygienemaßnahmen "Haut"
- Schutzleitfaden pc-170 - Brandschutzmaßnahmen
- Bei staubenden Tätigkeiten ist zusätzlich der Schutzleitfaden 240: Staubarbeitsplätze anzuwenden.

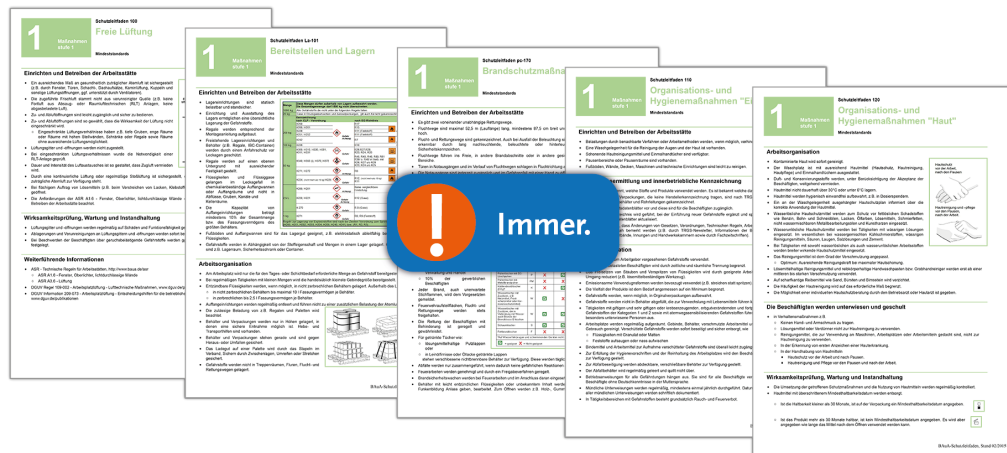


Abb. 3.1-1 EMKG-Schutzleitfäden der Reihe 100

Zusätzliche Reinigungspläne unterstützen die Grundhygiene im Arbeitsbereich. Der Umfang eines Reinigungsplans ist spezifisch auf den Arbeitsplatz und die Art der Tätigkeit abzustimmen.

Diese hier beschriebenen Arbeitsschutzmaßnahmen bieten bereits einen ausreichenden Schutz für viele Tätigkeiten. Zusätzlich sind sie eine solide Grundlage für die darauf aufbauenden technischen Maßnahmen. Selbst eine Absauganlage mit hoher Absaugleistung wird durch Staubablagerungen und offene Behälter mit Lösemitteln in ihrer Wirksamkeit beeinträchtigt.

3.2.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

www.gesetze-im-internet.de; <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättG)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

- TRGS 201: Technische Regel für Gefahrstoffe: Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- TRGS 500: Technische Regel für Gefahrstoffe: Schutzmaßnahmen
- TRGS 800: Technische Regel für Gefahrstoffe: Brandschutzmaßnahmen
- ASR A1.3: Technische Regel für Arbeitsstätten: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
- ASR A2.2: Technische Regel für Arbeitsstätten: Maßnahmen gegen Brände
- ASR A2.3: Technische Regel für Arbeitsstätten: Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan
- ASR A3.6: Lüftung

Internetangebote/Links

- [1] Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. [Online] [Zitat vom: 22.05.2020.] www.baua.de/emkg
- [2] Schutzleitfäden konkretisieren die EMKG Maßnahmenstufe. Internetseite der BAuA. [Online] [Zitat vom: 20.05.2020.] <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrstoffe/EMKG/EMKG-Schutzleitfaeden.html>

3.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Alle Gefahrstoffe sind in einem Gefahrstoffverzeichnis zu führen. Ein wichtiger, essenzieller Schritt ist es daher, die Tätigkeiten mit Gefahrstoffen zu identifizieren. Die folgenden Fragen helfen bei diesem Schritt:

Sind chemische Arbeitsstoffe im Betrieb mit einem Gefahrenpiktogramm gemäß der CLP-Verordnung gekennzeichnet?

Gefahrenpiktogramm

					
Bezeichnung	explodierende Bombe	Flamme	Flamme über einem Kreis	Totenkopf	Gesundheitsgefahr

				
Bezeichnung	Ätzwirkung	Ausrufezeichen	Gasflasche	umweltgefährlich

Abbildung 3.1-2 Gefahrensymbole der CLP-Verordnung

Sind chemische Arbeitsstoffe mit einem Gefahrensymbol nach altem Recht gemäß der Stoffrichtlinie (RL 67/548/EWG) beziehungsweise der Zubereitungsrichtlinie (RL 1999/45/EG) gekennzeichnet?

Gefahrensymbol

				
Gefahrenbezeichnung	explosionsgefährlich	leichtentzündlich hochentzündlich	brandfördernd	sehr giftig giftig

Abbildung 3.1-3 Gefahrensymbole der Stoff- bzw. Zubereitungsrichtlinie

Anmerkung: Auch wenn seit 2008 die EU-Einstufungs- und Kennzeichnungsverordnung (EU-CLP-Verordnung) die früheren EG-Richtlinien für chemische Stoffe und Zubereitungen abgelöst hat, arbeiten in Ausnahmefällen noch Betriebe mit nach altem Recht eingestuft und gekennzeichneten Gefahrstoffen. Das ist erlaubt. Für die Gefährdungsbeurteilung können beide Systeme herangezogen werden. Denn die Konventionen zur Einstufung, nicht aber die Gefahrstoffeigenschaften, haben sich verändert. Erst wenn sich die Einstufung durch neue Daten zu Stoffeigenschaften ändert, z. B. durch neue toxikologische Erkenntnisse aus dem REACH-Registrierungsverfahren, ist dies ein Anlass, die Gefährdungsbeurteilung zu überprüfen.

- Entstehen im Produktionsprozess Stoffe, Gemische oder Zwischenprodukte, die als gefährlich eingestuft sind oder durch andere Eigenschaften die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten gefährden?
- Sind Stoffe oder Inhaltsstoffe der eingesetzten Gemische bekannt, die mit einem Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) in der TRGS 900 oder einem Biologischen Grenzwert (BGW) in der TRGS 903 aufgeführt sind?
- Sind Feststoffe, die erfahrungsgemäß brennbar sind, wie z. B. Papier, Holz, Polyethylen, Polystyrol vorhanden?
- Werden bei den Tätigkeiten Stäube, Gase, Dämpfe oder Nebel freigesetzt oder Stäube aufgewirbelt?
- Werden Tabakerzeugnisse, kosmetische Mittel, Lebensmittel und -zusatzstoffe, Futtermittel und -zusatzstoffe, Arzneimittel, Medizinprodukte, Abfälle, Altöle oder Abwässer im Betrieb eingesetzt?

Gibt es als nicht gefährlich eingestufte chemische Arbeitsstoffe, die trotzdem die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten gefährden? Beispielsweise:

- tiefkalte und heiße Flüssigkeiten, Gase oder Dämpfe
- erstickende und narkotisierende Gase

- Tätigkeiten, die zu Gefährdungen durch Hautkontakt führen
- Arbeitsstoffe, die eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden (z. B. aufgewirbelte brennbare Stäube)

Wenn eine oder mehrere Fragen mit "ja" beantwortet werden können, dann ist eine Beurteilung der Gefährdung durch Gefahrstoffe erforderlich.

3.2.6 Autorinnen und Ansprechpartnerin

Autorinnen

- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
Fachgruppe 4.1.1 "Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP"
- Dr. rer. nat. Melanie Berghaus
Fachgruppe 4.1.1 "Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP"

Ansprechpartnerin

- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
Fachgruppe 4.1.1 "Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP"

Kontakt

3.3 Einatmen von Gefahrstoffen

Viele Gefahrstoffe werden über die Atemluft von den Beschäftigten aufgenommen. Dabei kommt, auch mit Blick auf die Berufskrankheiten, lungengängigen Stäuben und Rauchen eine zentrale Bedeutung für den Arbeitsschutz zu. Darüber hinaus können aber auch bei vielen anderen Gefahrstoffen Gefährdungen durch Einatmen entstehen. Die Gefährdung der Beschäftigten kann je nach Höhe der Belastung und der gefährlichen Eigenschaft ausgehend vom Gefahrstoff unterschiedlich sein.

3.3.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Ein Großteil der Gefahrstoffe, die in den Betrieben verwendet werden, sind als gefährlich eingestuft und gekennzeichnet. Hierzu gehören z. B. Lösemittel, Bremsenreiniger, Holzschutzmittel und vieles mehr. Die Art der Gefährdung und ihre Wirkung können je nach Höhe der Belastung und der gefährlichen Gefahrstoffeigenschaft unterschiedlich sein. Aus der Kennzeichnung (Tab. 3.2-1) geht hervor, ob ein Gefahrstoff giftig ist, die Atemwege reizt oder sensibilisiert, krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend oder chronisch toxisch ist. Die Kennzeichnung ist auf dem Etikett oder im Abschnitt 2 des Sicherheitsdatenblattes (SDB) zu finden.

Gesundheitsgefährdende Stäube und Rauche werden häufig bei der Bearbeitung nicht kennzeichnungspflichtiger Gefahrstoffe freigesetzt (z. B. Schweißarbeiten, Quarzstäube beim Trennen von Baumaterialien). Daher gelten für alle Tätigkeiten mit Exposition gegenüber alveolengängigen und einatembaren Stäuben generelle Maßnahmen zum Schutz vor partikelförmigen Gefahrstoffen nach Anhang I Nummer 2 der Gefahrstoffverordnung.

Tab. 3.2-1 Kennzeichnung von inhalativ gefährdenden Gefahrstoffen

Eigenschaft	Piktogramm	Signalwort	Gefahrenhinweis
Akut toxisch		Gefahr	H300 Lebensgefahr bei Verschlucken.* H330 Lebensgefahr bei Einatmen. H301 Giftig bei Verschlucken.* H331 Giftig bei Einatmen.
		Achtung	H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.* H332 Gesundheitsschädlich bei Einatmen.
	-	-	EUH070 Giftig bei Berührung mit den Augen.*
Spezifische Zielorgantoxizität für einmalige und wiederholte Exposition		Gefahr	H370 Schädigt die Organe.
		Achtung	H371 Kann die Organe schädigen.
		Gefahr	H372 Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition.
		Achtung	H373 Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition. H335 Kann die Atemwege reizen. H336 Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.
Keimzellmutagen		Gefahr	H340 Kann genetische Defekte verursachen.
		Achtung	H341 Kann vermutlich genetische Defekte verursachen.
Krebserzeugend		Gefahr	H350 Kann Krebs erzeugen. H350i Kann bei Einatmen Krebs erzeugen
		Achtung	H351 Kann vermutlich Krebs erzeugen.
Fruchtbarkeitsgefährdend/Fruchtschädigend		Gefahr	H360 Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.
		Achtung	H361 Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.
Aspirationsgefahr		Gefahr	H304 Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.
Sensibilisierung der Atemwege		Gefahr	H334 Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen.
Ätz- und Reizwirkung auf Atemwege und Auge		Gefahr	H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.
		-	EUH071 Wirkt ätzend auf die Atemwege.
		Gefahr	H318 Verursacht schwere Augenschäden
		Achtung	H319 Verursacht schwere Augenreizung.
Reaktiv: Erzeugt giftige Gase	-	-	EUH029 Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase.
	-	-	EUH031 Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase.
	-	-	EUH032 Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase.

* Orale und augenschädigende Gefahreneigenschaften werden im EMKG Modul Einatmen mitberücksichtigt und sind daher mit aufgeführt.

3.3.2 Ermittlung und Beurteilung

Grenzwerte und weitere Beurteilungsmaßstäbe

Arbeitsplatzgrenzwert

Arbeitsplatzgrenzwerte sind gesundheitsbasierte Werte; d. h., werden diese Luftkonzentrationswerte am Arbeitsplatz eingehalten, sind keine akuten und chronischen Auswirkungen zu erwarten. Arbeitsplatzgrenzwerte sind Schichtmittelwerte mit zugehörigen Kurzzeitwerten für die Beurteilung von Expositionsspitzen. Sie sind in der TRGS 900 gelistet.

Biologischer Grenzwert (BGW)

Der BGW ist auch ein gesundheitsbasierter Grenzwert; d. h., wird diese Konzentration bei einer arbeitsmedizinischen Untersuchung eingehalten, kann davon ausgegangen werden, dass die Gesundheit eines Beschäftigten nicht beeinträchtigt wird. Die biologischen Grenzwerte sind in der TRGS 903 gelistet.

Akzeptanz- und Toleranzkonzentration

Für einen krebserzeugenden Gefahrstoff gibt es häufig keine Wirkschwelle, ab der keine Gesundheitsgefährdung mehr besteht. Für den Arbeitgeber und Beschäftigten bedeutet das: Bei diesen Tätigkeiten verbleibt immer ein Restrisiko. Wie hoch das verbleibende Restrisiko sein darf und welche Schutzmaßnahmen notwendig sind, beschreibt der rechtlich etablierte Ansatz in der TRGS 910 "Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen".

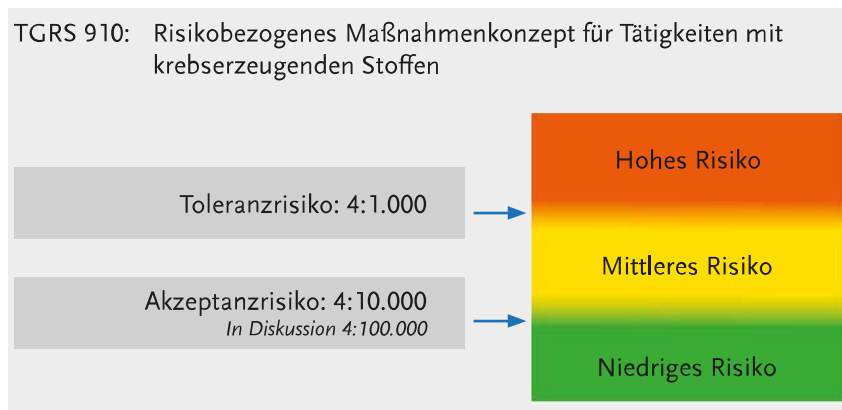


Abb. 3.2-1 Risikokonzepnt

Das Akzeptanzrisiko (4:10 000) und das Toleranzrisiko (4:1 000) beschreiben die statistische Wahrscheinlichkeit im Laufe eines Arbeitslebens, an Krebs zu erkranken. Aus dem Akzeptanz- und Toleranzrisiko leiten wissenschaftliche Gremien eine stoffspezifische Akzeptanz- und Toleranzkonzentration ab. Darüber werden die stoffspezifischen Risikobereiche (rot, gelb, grün) beschrieben. Der Vergleich der Belastung der Beschäftigten im Betrieb mit diesen Luftkonzentrationswerten entscheidet über die Notwendigkeit, den Umfang und die Dringlichkeit von Schutzmaßnahmen. Entsprechend zu den Luftkonzentrationswerten gibt es einen Äquivalenzwert zur Akzeptanz- oder Toleranzkonzentration für arbeitsmedizinische Untersuchungen im biologischen Material. Diese Werte sind in der TRGS 910 gelistet.

Methode: Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe: Modul Einatmen

Das Einfache Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) [1] bestimmt das Gefährlichkeitspotenzial ausgehend vom Gefahrstoff über die Gefährlichkeitsgruppe. Dazu nutzt es den Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) nach TRGS 900 oder die Einstufung und Kennzeichnung. Um die Exposition des Gefahrstoffs während einer Tätigkeit zu berücksichtigen, nutzt das EMKG die gehandhabte Menge und das Freisetzungspotenzial des Gefahrstoffs. Diese tätigkeit-sbezogenen Angaben können bei einer Betriebsbegehung erhoben werden.

Tab. 3.2-2 Einstiegsparameter zur Beurteilung der Gesundheitsgefährdung durch Einatmen von Gefahrstoffen

Einstiegsparameter	Beurteilung
Gefährlichkeitsgruppe Einatmen Einstufung: H-Satz der Reihe 300 oder EUH-Satz Arbeitsplatzgrenzwert nach TRGS 900	Einstufung und Arbeitsplatzgrenzwerte sind ein Maß für die von dem Gefahrstoff ausgehende Gefährlichkeit.
Freisetzungsgruppe Staubungsverhalten, Dampfdruck oder Siedepunkt	Bewertung, wie schnell sich gesundheitsschädliche Dämpfe und Stäube in der Luft ausbreiten.
Mengengruppe Menge während der Tätigkeit	Bewertung der Gefährdung aufgrund der Menge und der damit verbundenen Konzentrationsanreicherung in der Luft.

Hinweis: Freisetzungsgruppe und Mengengruppe entsprechen dem EMKG-Modul Brand und Explosion.

Gefährlichkeitsgruppe Einatmen

Liegt für einen Stoff ein AGW vor, wird dieser über den entsprechenden Luftkonzentrationsbereich einer Gefährlichkeitsgruppe zugeordnet werden. Der AGW ist unter Abschnitt 8 des Sicherheitsdatenblattes angegeben. Für Gefahrstoffe ohne AGW und Gemische wird das Gefährdungspotenzial des Gefahrstoffs über die Kennzeichnung bestimmt. Die Gefährlichkeitsgruppe ergibt sich aus den H-Sätzen. Die H-Sätze sind auf dem Kennzeichnungsetikett und im Abschnitt 2 des Sicherheitsdatenblatts enthalten.

Das Gefährlichkeitspotenzial ausgehend vom Gefahrstoff steigt von Gefährlichkeitsgruppe A zur Gefährlichkeitsgruppe E.

Tab. 3.2-3 Gefährlichkeitsgruppe Einatmen

AGW nach TRGS 900	H-Satz, wenn kein AGW vorliegt	Gefährlichkeitsgruppe	
Feststoffe (mg/m ³)	Flüssigkeiten (ppm)		
10 bis 1	500 bis 50	Kein H-Satz, H304, H319, H335, H336, EUH201A, EUH207, EUH211, EUH212	A
1 bis 0,1	50 bis 5	H302, H318, H332, H371	B
0,1 bis 0,01	5 bis 0,5	H301, H314, H331, H334, H341, H351, H361, H361d, H361f, H361fd, H370, H373, EUH029, EUH031, EUH070, EUH071	C
0,01 bis 0,001	0,5 bis 0,05	H300, H330, H360D, H360Df, H372, EUH032	D
> 0,001	> 0,05	H340, H350, H350i, H360, H360F, H360Fd, H360FD	E

Hinweis: Für Altbestände mit Kennzeichnung nach Stoff- und Zubereitungsrichtlinie können die Zuordnungstabellen auf der EMKG-Internetseite [1] genutzt werden.

Mengengruppe

Die Menge des verwendeten Gefahrstoffs kann bei einer Betriebsbegehung ermittelt werden. Anhand des Gebindes und der verwendeten Menge pro Tätigkeit erfolgt die Zuordnung zur Mengengruppe. Das EMKG kennt drei Mengengruppen, die in Tab. 3.2-4 aufgeführt sind. Es sind die gleichen Mengengruppen wie im Modul Brand und Explosion.

Tab. 3.2-4 Zuordnung der Mengengruppen

	klein	mittel	groß
			
Feststoffe	g	kg	t
Flüssigkeiten	ml	l	m³

Freisetzungsgruppe

Um abzuschätzen, wie sehr der Gefahrstoff dazu neigt, sich in der Luft auszubreiten und dort zu verweilen, werden Flüssigkeiten und Feststoffe in Freisetzungsgruppen unterteilt (siehe Tab. 3.2-5). Dieses sind die Gleichen wie im Modul Brand und Explosion. Bei flüssigen Gefahrstoffen ergibt sich die Freisetzungsgruppe aus dem Siedepunkt oder Dampfdruck des Gefahrstoffs. Bei festen Gefahrstoffen kann die Freisetzungsgruppe qualitativ abgeschätzt werden.

Beim Versprühen ist die Freisetzungsgruppe aufgrund des entstehenden Sprühnebels immer hoch. Wässrige Lösungen, z. B. haushaltsübliche Reinigungsmittel, verdunsten langsam; die Freisetzungsgruppe ist niedrig. Erhöhte Anwendungstemperaturen begünstigen die Freisetzung. Wie die Freisetzungsgruppe für erhöhte Anwendungstemperaturen bestimmt wird, ist in den EMKG-Leitfäden [2; 3] erklärt.

Bei einigen Tätigkeiten mit Feststoffen kann es zu feinem Staubabrieb kommen, z. B. durch das Fördern, Abwerfen oder Abkippen von Materialien. Da die hierbei freigesetzten Stäube sehr fein sind, ist die Freisetzungsgruppe "hoch" zu wählen. Dies gilt besonders bei Arbeiten mit Granulat oder körnigen Substanzen, die sonst der Freisetzungsgruppe "niedrig" zuzuordnen wären.

Tab. 3.2-5 Zuordnung der Freisetzungsgruppe

	niedrig	mittel	hoch
Feststoffe	 Grobkörnig: Es entsteht kaum Staub (z.B. Granulat, Pellets, Wachs)	 Körnig: Staub, der sich nach einiger Zeit wieder absetzt (z. B. Waschmittel, Zucker).	 Feinpulvrig: Staub, der einige Minuten in der Luft bleibt (z. B. Mehl, Toner).
Flüssigkeiten Siedepunkt	mehr als 150 °C	50 bis 150 °C	weniger als 50 °C
oder Dampfdruck	weniger als 5 hPa	5 bis 250 hPa	mehr als 250 hPa

3.3.3 Arbeitsschutzmaßnahmen

Maßnahmenempfehlung nach EMKG

Mit den Eingangsparametern

- Gefährlichkeitsgruppe "Einatmen",
- Mengengruppe,
- Freisetzungsgruppe

wird anhand der nachfolgenden Entscheidungstabelle die Maßnahmenstufe zum Schutz vor dem Einatmen des Gefahrstoffs abgeleitet.

Tab. 3.2-6 Entscheidungstabelle – EMKG-Modul Einatmen

CG	Menge	Freisetzungsgruppe			
		niedrig	mittel	hoch	
A	klein				Maßnahmenstufe 1 • Mindeststandards • Schutzleitfäden der Reihe 100
	mittel		flüssig		
			fest		Maßnahmenstufe 2 • technische Maßnahmen • Schutzleitfäden der Reihe 200
	groß		flüssig		
			fest		
	klein				Maßnahmenstufe 3 • geschlossenes System • Schutzleitfäden der Reihe 300
B	mittel				
	groß		flüssig		Maßnahmenstufe 4 • keine Schutzleitfäden
			fest		
C	klein		fest		Maßnahmenstufe 1 • Mindeststandards • Schutzleitfäden der Reihe 100
	mittel		flüssig		
					Maßnahmenstufe 2 • technische Maßnahmen • Schutzleitfäden der Reihe 200
	groß				
D	klein		fest		Maßnahmenstufe 3 • geschlossenes System • Schutzleitfäden der Reihe 300
	mittel		flüssig		
	groß				Maßnahmenstufe 4 • keine Schutzleitfäden
	klein		fest		
E	mittel				Maßnahmenstufe 1 • Mindeststandards • Schutzleitfäden der Reihe 100
	groß				

Maßnahmenempfehlungen nach EMKG sind:

Maßnahmenstufe 1

Empfehlungen des EMKG Maßnahme Stufe 1, ist die konsequente Anwendung der Schutzleitfäden der Reihe 100 [4] ausreichend. Sie beschreiben die notwendigen Basismaßnahmen. Liegt ein fester Gefahrstoff der Freisetzungsgruppe "mittel" oder "hoch" vor, sollte auch der Schutzleitfaden 240 "Staubarbeitsplätze" beachtet werden. Alle weiteren Maßnahmen bauen auf dieser Maßnahmenstufe auf und sind zusätzlich umzusetzen.

Maßnahmenstufe 2

Hier muss die Freisetzung von Gefahrstoffen möglichst an der Entstehungsstelle begrenzt werden. Eine Hilfestellung zur Auswahl von emissionsmindernden technischen Maßnahmen bieten die Schutzleitfäden 2xx. Sie beschreiben technische Maßnahmen für typische Arbeitsabläufe, wie z. B. Wiegen, Ab- und Umfüllen, Entleeren, Mischen, Beschichten sowie Laminieren. Die Schutzleitfäden sind Checklisten und können als Dokumentationshilfe bei der Umsetzung und Überprüfung der Maßnahmen genutzt werden.

Maßnahmenstufe 3

Ergänzende Maßnahmen der Stufe 3 sind Tätigkeiten mit geschlossenen Systemen. Diese Arbeitsverfahren werden

in den Schutzleitfäden 3xx beschrieben. Neben dem allgemeinen Schutzleitfaden 300 "Geschlossenes System" gibt es weitere spezielle Schutzleitfäden z. B. zum Entleeren und Befüllen von Fässern, IBC-Containern sowie Umpumpen von Flüssigkeiten. Integrierte Absaugungen werden aufgrund ihrer hohen Wirksamkeit den geschlossenen Systemen zugeordnet.

Maßnahmenstufe 4

In der Maßnahmenstufe 4 existieren keine Schutzleitfäden. Es handelt sich hierbei um Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, von denen zumeist eine hohe Gefährdung ausgeht. In vielen Fällen kann auf das technische Regelwerk oder andere Informationen der Unfallversicherungsträger und Bundesländer zurückgegriffen werden.

Bei einer hohen Gefährdung kann ein spezielles Fachwissen zur Festlegung und Umsetzung von Schutzmaßnahmen erforderlich sein. Dieses geht häufig über die Fachkunde zur Gefährdungsbeurteilung hinaus. Hier sind in der Regel zusätzliche Beratungsleistungen notwendig, z. B. bei der Umsetzung und Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen

Wirksamkeitskontrolle

Die Überprüfung der immer anzuwendenden Maßnahmenstufe 4 kann mit den Schutzleitfäden der Reihe 100 vorgenommen werden.

Technische Schutzeinrichtungen (z. B. raumlufttechnische Anlagen oder Absaugungen) sind regelmäßig auf ihre ordnungsmäßige Funktion zu prüfen. Hierzu gehört das Überwachen von Sollwerten (z. B. von Volumenströmen, Luftgeschwindigkeit) unter Beachtung von Herstellerangaben oder technisch erfassbarer Störeinflüsse wie z. B. Querströmungen. Die Überprüfung muss nach Gefahrstoffverordnung regelmäßig, mindestens jedoch im 3-Jahres-Abstand erfolgen; bei Einrichtungen zum Abscheiden, Erfassen und Niederschlagen von Stäuben mindestens jährlich.

Darüber hinaus sollten regelmäßige, möglichst tägliche Sicht- und Funktionskontrollen festgelegt werden, z. B. die Überprüfung der Funktion einer Absauganlage nach dem Einschalten. Zu achten ist zusätzlich auf sicht- oder hörbare Veränderungen sowie auftretende Mängel an Arbeitsmitteln.

Kann nachgewiesen werden, dass der Arbeitsplatzgrenzwert, die Akzeptanzkonzentration oder ein anderer gesundheitsbasierter Beurteilungsmaßstab eingehalten sind, sind die Schutzmaßnahmen wirksam. Der Nachweis kann durch eine Arbeitsplatzmessung oder eine nichtmesstechnische Ermittlungsmethode erbracht werden. Zu einer nichtmesstechnischen Ermittlung gehören nach TRGS 402 neben Berechnungen auch Messergebnisse von vergleichbaren Arbeitsplätzen. Diese Messergebnisse können betriebsinterne Messungen oder aber hinterlegte Arbeitsplatzmessungen in branchen- und tätigkeitsspezifischen Handlungsempfehlungen sein.

Das EMKG kann auch als nichtmesstechnische Ermittlungsmethode für Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert gelten. Hierzu werden bei Stoffen mit Arbeitsplatzgrenzwert die Gefährlichkeitsgruppen eine Kategorie strenger gewählt, als durch den Arbeitsplatzgrenzwert vorgegeben.

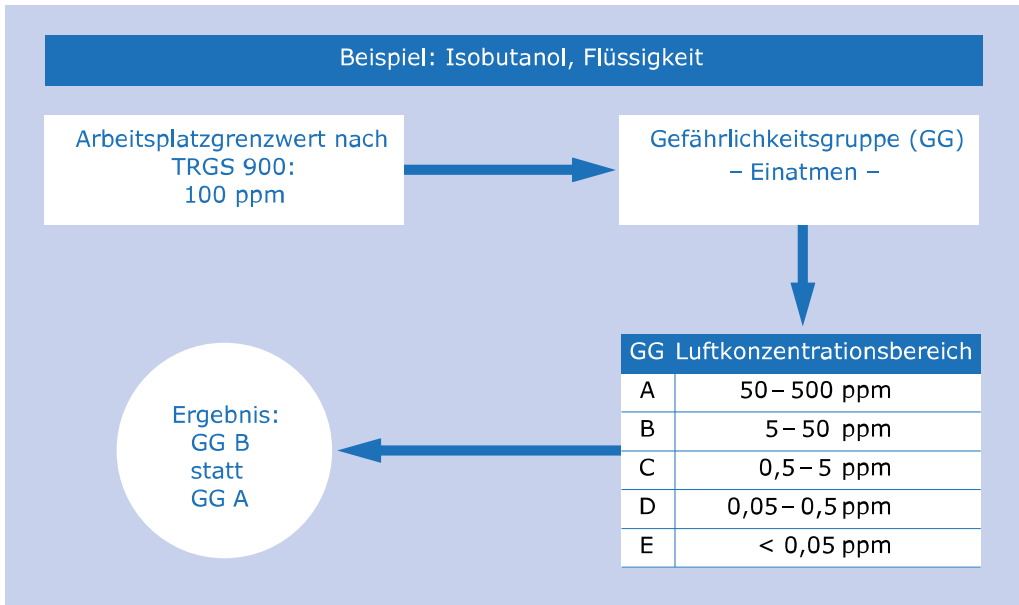


Abb. 3.2-2 EMKG als nicht messtechnische Ermittlungsmethode

3.3.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

www.gesetze-im-internet.de; <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung (CLP)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

www.baua.de

- TRGS 400 "Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen"
- TRGS 402 "Ermitteln und Beurteilen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition"
- TRGS 900 "Arbeitsplatzgrenzwerte"
- TRGS 910 "Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen"

Literatur

[1] Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. [Online] [Zitat vom: 04.05.2023.] www.baua.de/emkg

[2] KAHL, A., WILMES, A., GUHE, C., PACKROFF, R., LOTZ, G., TISCHER, M.: EMKG-Leitfaden - Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe Version 2.2: Eine Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2014

[3] SCHWEIZER-KARABABA, I., WILMES, A., WOLF, T., WICHEN, K., BERGHAUS, M.: EMKG-Leitfaden - Modul Brand und Explosion. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2020

[4] Schutzleitfaden konkretisieren die EMKG Maßnahmenstufe. Internetseite der BAuA. [Online] [Zitat vom: 04.05.2023.] <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrstoffe/EMKG/EMKG-Schutzleitfaeden.html>

3.3.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

Die Prüffragen gehen über die beschriebenen Schritte zur Ableitung von Maßnahmen nach dem EMKG hinaus und sind zusätzlich zu prüfen.

- Werden Tätigkeiten durchgeführt, bei denen Gefahrstoffe entstehen oder aus Erzeugnissen freigesetzt werden, z. B. Löt- und Schweißrauche, Pyrolyseprodukte, Abgase, chemische Reaktionen und Zersetzungsvorgänge?
- Werden Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchgeführt, die besondere Maßnahmenansätze erfordern, z. B. Abbruch-, Sanierungs-, Reinigungs-, Recyclingtätigkeiten mit Freisetzung nicht bewusst verwendeter Gefahrstoffe?
- Geht von den vorhandenen Arbeitsstoffen im Betrieb eine Staubbelastung aus?
- Werden Arbeitsstoffe im Betrieb mechanisch bearbeitet, zerkleinert oder auf Förderbändern transportiert (z. B. feiner Abrieb durch Förderbänder)?
- Gibt es Arbeitsverfahren, bei denen Flüssigkeiten fein versprüht werden und es zur Aerosolbildung kommt (z. B. Öle, Wasserlacke, brennbare Flüssigkeiten)?
- Werden Gasen industriell und gewerblich gehandhabt?
- Können stoffbedingte Umweltgefährdungen entstehen?

Wenn eine oder mehrere Fragen mit "ja" beantwortet werden können, muss die Notwendigkeit zusätzlicher Schutzmaßnahmen geprüft werden.

3.3.6 Autorinnen und Ansprechpartnerin

Autorinnen

- Dr. rer. nat. Melanie Berghaus
Fachgruppe 4.1.1 "Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP"
- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
Fachgruppe 4.1.1 "Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP"

Ansprechpartnerin

- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
Fachgruppe 4.1.1 "Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP"

Kontakt

3.4 Hautkontakt mit Gefahrstoffen

Wenn Beschäftigte mit Gefahrstoffen arbeiten, können sie auch durch Hautkontakt gefährdet sein. Dies ist vor allem bei hautgefährdenden und hautresorptiven Stoffen der Fall.

3.4.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen

Es gibt unterschiedliche Eigenschaften der verwendeten Gefahrstoffe, die zu einer Gefährdung der Haut führen können.

Hautgefährdende Gefahrstoffe sind ätzende, reizende oder sensibilisierende Stoffe und Gemische. Zu ihnen gehören beispielsweise Seifen, Säuren und Laugen, Wasch- und Reinigungsmittel. Häufig führen hautgefährdende Stoffe zu einer Entfettung der Haut und zu einer Schädigung der oberen Hautschicht, der natürlichen Schutzbarriere der Haut. Neben der Gefährdung durch Chemikalien kann diese Schutzschicht auch durch mechanische Beanspruchung oder Feuchtarbeit beschädigt werden.

Feuchtarbeitsplätze liegen dann vor, wenn Beschäftigte mehr einen erheblichen Teil ihrer Arbeit im feuchten Milieu tätig sind oder ein häufiges Reinigen oder Desinfizieren der Hände notwendig ist. Die wiederholte Schädigung der Hautschutzschicht über einen längeren Zeitraum kann zu einem toxisch-degenerativen Kontaktekzem führen. Ein typisches Beispiel sind die sog. Waschfrauenhände. Die Hände sind häufig geschwollen, die Haut ist schuppig und es bilden sich Risse, Rötungen und Schwellungen. Dies betrifft Berufsgruppen wie z. B. Reinigungskräfte, Friseure, Köche und Mitarbeiter im Gesundheitswesen.

Hautsensibilisierende Gefahrstoffe können allergische Hauterkrankungen auslösen. Typische Allergene sind z. B. Epoxidharze oder Metalle wie Chrom, Nickel und Kobalt. In vielen Fällen tritt ein allergisches Kontaktekzem erst nach Jahren auf. Individuelle Unterschiede bedingen unterschiedliche Risiken, an einer Hautallergie zu erkranken. Ein weiterer allergiefördernder Einflussfaktor ist eine bereits vorgeschädigte Hautschutzschicht.

Hautresorptive Stoffe gelangen über die Haut direkt in den Körper. Ein akut toxischer Gefahrstoff kann direkt zu Gesundheitsschäden führen. Eine hohe Gefährdung geht jedoch auch von hautresorptiven Stoffen mit einer chronisch toxischen, krebserzeugenden, erbgutverändernden, fruchtbarkeitsgefährdenden Wirkung aus.

Ein Stoff ist hautresorptiv, wenn er

- als akut toxisch eingestuft ist oder
- in der TRGS 900 – Arbeitsplatzgrenzwerte, in der TRGS 905 – Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe oder in der MAK- und BAT- Werte Liste der DFG [1], mit "H" gekennzeichnet ist oder
- in Kapitel 8 oder 11 im Sicherheitsdatenblatt eine Angabe zur hautresorptiven Wirkung vorliegt.

Tab. 3.3-1 Kennzeichnung von hautgefährdenden Gefahrstoffen

Eigenschaft	Piktogramm	Signalwort	Gefahrenhinweis
Akut toxisch		Gefahr	H310 Lebensgefahr bei Hautkontakt. H311 Giftig bei Hautkontakt.
		Achtung	H312 Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt.
Ätz-/Reizwirkung		Gefahr	H314 Verursacht schwere Verätzung der Haut und schwere Augenschäden.
		Achtung	H315 Verursacht Hautreizungen.
Sensibilisierung der Haut		Achtung	H317 Kann allergische Reaktionen verursachen.
Spezifische Zielorgantoxizität für einmalige und wiederholte Exposition*		Gefahr	H370 Schädigt die Organe.
Keimzellmutagen*		Achtung	H371 Kann die Organe schädigen.
		Gefahr	H372 Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition.
Krebserzeugend*		Achtung	H373 Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.
		Gefahr	H340 Kann genetische Defekte verursachen.
Fruchtbarkeitsgefährdend/Fruchtschädigend*	Achtung	H341 Kann vermutlich genetische Defekte verursachen.	
	Gefahr	H350 Kann Krebs erzeugen.	
Entfettend	—	Achtung	H351 Kann vermutlich Krebs erzeugen.
		Gefahr	H360 Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.
		Achtung	H361 Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.
	—	—	EUH066 Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.

* Eine hautgefährdende Wirkung kann ausgeschlossen werden, wenn bekannt ist, dass der Stoff oder das Gemisch nicht hautresorptiv ist.

3.4.2 Ermittlung und Beurteilung

Grenzwerte und weitere Beurteilungsmaßstäbe

Über die Bestimmung von Gefahrstoffen, ihrer Metaboliten oder ihrer biochemischen oder biologischen Effektparameter im Blut, Urin oder in der Ausatemluft (Biomonitoring) kann bei der arbeitsmedizinischen Vorsorge auch eine dermale Stoffaufnahme erfasst werden. Die Beurteilung erfolgt anhand des biologischen Grenzwertes (BGW) nach TRGS 903 und anderer geeigneter Werte zur Beurteilung gemäß der Arbeitsmedizinischen Regel (AMR) 6.2 "Biomonitoring". Weitere Information enthält das Auskunftssystem Biomonitoring [2] der BAuA. Ergeben sich aus dem Biomonitoring Anhaltspunkte, dass die Maßnahmen des Arbeitsschutzes nicht ausreichen, teilt der mit der Vorsorge beauftragte Arzt dem Arbeitgeber dies mit. Dieses Vorgehen ist in der AMR 6.4 "Mitteilungen an den Arbeitgeber nach § 6 Absatz 4 ArbMedVV" näher beschrieben. Diese Mitteilung fließt in die Gefährdungsbeurteilung ein. Einzelbefunde des Biomonitorings werden nicht übermittelt.

Methode: Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) Modul Haut

Das Einfache Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) [3] bestimmt die Gefährdungen durch Hautkontakt am Arbeitsplatz über das Gefährlichkeitspotenzial des Gefahrstoffs, der benetzten Wirkfläche und der Einwirkzeit des Gefahrstoffs [4].

Tab. 3.3-2 Einstiegparameter des EMKG Moduls Haut

Einstiegparameter	Beurteilung
Gefährlichkeitsgruppe Haut Einstufung: H-Satz der Reihe 300	Die Einstufung ist ein Maß für die von dem Gefahrstoff ausgehende Gefährlichkeit.
Wirkfläche	Benetzung der Hautfläche
Wirkdauer	Zeit bis zum Entfernen des Gefahrstoffs von der Haut

Die Höhe des Gefährlichkeitspotenzials ausgehend vom Gefahrstoff wird durch eine Gefährlichkeitsgruppe bestimmt. Der Einstieg erfolgt über die hautrelevanten H-Sätze aus der Einstufung und Kennzeichnung. Die H-Sätze werden fünf Gefährlichkeitsgruppen "HA" bis "HE" zugeordnet, wobei hier das Band "HA" für weniger kritische Stoffe und das Band "HE" für die kritischsten Stoffe steht.

Tab. 3.3-3 Gefährlichkeitsgruppe Haut

H-Satz	GG
Kein H-Satz, EUH066, EUH203, EUH204, EUH205, EUH208	HA
H315	HB
H312, H317, H371, H373	HC
H311, H314, H341, H351, H361, H361d, H361f, H361fd H370, H372	HD
H310, H311 + H314, H340, H350, H360, H360D, H360Df, H360F, H360Fd, H360FD, H362*	HE

* Nur für Schwangere und Stillende

Wirkfläche

Es wird zwischen einer groß- oder kleinflächigen Benetzung der Hautfläche unterschieden. Die Wirkfläche ist klein, wenn der Beschäftigte nur mit wenigen Spritzern kontaminiert ist. Eine große Wirkfläche liegt vor, wenn z. B. die Hand benetzt ist.

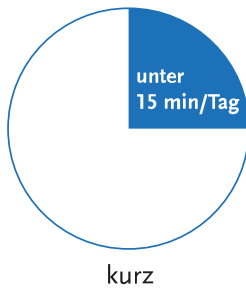


Abb. 3.3-1 Wirkfläche Haut

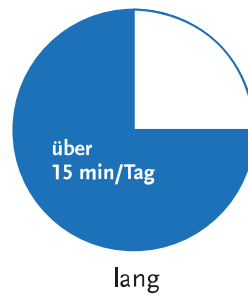
Gerade bei der Bestimmung der Wirkfläche erschweren unterschiedliche Arbeitsweisen und das persönliche Verhalten die Abschätzung. Im Zweifelsfall ist von einer großen Wirkfläche auszugehen. Schutzhandschuhe oder andere persönliche Schutzausrüstungen sind bei der Abschätzung außer Acht zu lassen.

Wirkdauer

Kurzfristiger Kontakt



Längerfristiger Kontakt



 **Der Hautkontakt endet erst mit dem Abwaschen des Gefahrstoffes.**

Abb. 3.3-2 Wirkdauer Hautkontakt

Bei einer kurzen Wirkdauer ist der Hautkontakt unter 15 Minuten/Tag und bei einer langen Wirkdauer über 15 Minuten/Tag.

3.4.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

Mit den Eingangsparametern wird anhand einer Entscheidungstabelle der Schutz abgeleitet, der bei Hautkontakt notwendig ist.

Bei Bedien- und Überwachungstätigkeiten an geschlossenen Anlagensystemen mit Gefahrstoffen kann ein Hautkontakt in der Regel ausgeschlossen werden. Besondere Schutzmaßnahmen müssen jedoch z. B. bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten getroffen werden. Das Ergebnis kann ein geringer, erweiterter oder hoher Maßnahmenbedarf sein.

Tab. 3.3-4 Entscheidungstabelle – EMKG Modul Einatmen

GG	Wirkfläche	Wirkdauer	Maßnahmenbedarf	
HA	klein	kurz		Maßnahmenstufe 1 - Mindeststandards - Schutzleitfäden der Reihe 100
		lang		
	groß	kurz		
		lang		
HB	klein	kurz		Maßnahmenstufe 2 - technische und organisatorische Maßnahmen - Schutzleitfaden 250
		lang		
	groß	kurz		
		lang		
HC	klein	kurz		Maßnahmenstufe 3 - hoher Maßnahmenbedarf - Substitution - geschlossenes System
		lang		
	groß	kurz		
		lang		
HD	klein	kurz		
		lang		
	groß	kurz		
		lang	*	
HE	klein	kurz	*	
		lang		
	groß	kurz		
		lang		

Maßnahmenstufe 1

Wurde Maßnahmenstufe 1 ermittelt, dann reicht die konsequente Anwendung einer guten Arbeitspraxis und der Hygienestandards aus. Diese sind im EMKG in den Schutzleitfäden der Reihe 100 beschrieben.

Maßnahmenstufe 2

Ist das Ergebnis des Moduls Maßnahmenstufe 2, besteht aufbauend auf dem Schutzleitfaden 120 ein erweiterter Maßnahmenbedarf. Die Belastung ist durch den Einsatz von geeigneten Werkzeugen, Instrumenten, Arbeitsvorrichtungen oder -techniken zu verhindern oder deutlich zu reduzieren. Reicht das nicht aus, braucht der Beschäftigte eine geeignete persönliche Schutzausrüstung (z. B. Chemikalienschutzhandschuhe, schutzschürzen, -schutzanzüge, Schutzschuhe, -stiefel). Eine Hilfestellung gibt der Schutzleitfaden 250. Hier sind auch zusätzliche Schutzmaßnahmen für Feuchtarbeitsplätze und für den Kontakt mit hautsensibilisierenden Gefahrstoffen beschrieben.

Schutzhandschuhe sollen nur dort eingesetzt werden, wo es notwendig ist. Denn neben der Schutzwirkung verringern diese das Tastgefühl und führen besonders bei langen Tragezeiten zur Schweißbildung; eine zusätzliche Belastung für den Beschäftigten.

Durch das Tragen von Schutzhandschuhen kann ein Hautkontakt trotzdem nie ganz ausgeschlossen werden. Ein Hautkontakt kann z. B. entstehen, wenn während des Tragens das Gesicht unbeabsichtigt berührt wird.

Maßnahmenstufe 3

In der Maßnahmenstufe 3 ist zu prüfen, ob der Gefahrstoff substituiert werden kann, sofern noch nicht erfolgt. Ist eine Substitution nicht möglich, empfiehlt das Modul den Gefahrstoff im geschlossenen System zu verarbeiten, z. B. über geschlossene Systeme zur Probenahme. Eine Hilfestellung bieten die Schutzleitfäden der Reihe 300.

Wirksamkeitskontrolle

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, die Umsetzung der getroffenen Schutzmaßnahmen und die Nutzung von persönlicher Schutzausrüstung und Hautmitteln zu prüfen. Werden technische Schutzmaßnahmen angewendet, müssen diese ebenfalls regelmäßig geprüft und gewartet werden.

Die verwendete Schutzausrüstung muss vor Beginn der Tätigkeit auf Funktionsfähigkeit geprüft werden (z. B. auf schadhafte Stellen oder innenseitige Verschmutzungen von Schutzhandschuhen). Bei Hautmitteln sollte regelmäßig geprüft werden, ob das Verfallsdatum überschritten ist.

3.4.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

www.gesetze-im-internet.de; <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen (Auswahl)

- TRGS 401: Gefährdungen durch Hautkontakt - Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen
- TRGS 903: Biologische Grenzwerte (BGW)
- TRGS 907: Verzeichnis sensibilisierender Stoffe und von Tätigkeiten mit sensibilisierenden Stoffen
- TRGS 910: Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen
- AMR 6.2: Biomonitoring
- AMR 6.4: Mitteilungen an den Arbeitgeber nach § 6 Absatz 4 ArbMedVV

Weitere Regeln der Technik

- DGV Regel 112-189 (bisher BGR 189): Benutzung von Schutzkleidung
- DGV Regel 112-192 (bisher BGR 192): Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz
- DGV Regel 112-195 (bisher BGR 195): Benutzung von Schutzhandschuhen

Literatur

- [1] Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: MAK- und BAT-Werte-Liste 2022. Mitteilung 58. Weinheim: Wiley-VCH, 2022
- [2] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Biomonitoring-Auskunftssystem. [Online] [Zitat vom: 09.05.2023.] https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrstoffe/Biomonitoring/Biomonitoring-Auskunftssystem/Biomonitoring-Auskunftssystem_node.html
- [3] Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. [Online] [Zitat vom: 09.05.2023.] www.baua.de/emkg
- [4] KAHL, A., WILMES, A., GUHE, C., PACKROFF, R., LOTZ, G., TISCHER, M.: EMKG-Leitfaden - Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe Version 2.2: Eine Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2014

Internetangebote/Links

[Gestis](#) - Stoffdatenbank

[IGS-public](#): Informationssystem für gefährliche Stoffe

[DGUV Information 212-007 \(bisher: BGI/GUV-I 868\)](#). Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)

- [DGUV Information 212-017: Auswahl, Bereitstellung und Benutzung von beruflichen Hautmitteln](#). Deutsche gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)
- Sachgebiete "Hautschutz" im Fachausschuss "Persönliche Schutzausrüstungen" bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
- [Allergene in Schutzhandschuhen](#)
- [GISBAU](#): Gefahrstoff-Informationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft

3.4.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

Die Prüffragen gehen über die beschriebenen Schritte zur Ableitung von Maßnahmen nach dem EMKG hinaus und sind zusätzlich zu prüfen.

- Können nicht eingestufte Stoffe (z. B. Altöle) zu einer Hautgefährdung führen?
- Werden die Hände mechanisch so stark beansprucht, dass Mikroverletzungen entstehen können?
- Werden die Hände durch die Tätigkeit stark verschmutzt?
- Werden im Betrieb hautsensibilisierende Gefahrstoffe eingesetzt, die nicht mit H317 "Kann allergische Hautreaktionen verursachen" gekennzeichnet sind?
- Liegt ein Feuchtarbeitsplatz vor (s. 3.3.1)?
- Werden außer den Händen andere Körperstellen exponiert (z. B. die Knie beim Fliesenleger)?

Wenn eine oder mehrere Fragen mit "ja" beantwortet werden können, dann ist der Schutzleitfaden 250 - Erweiterter Maßnahmenbedarf "Haut" und die TRGS 401 "Gefährdung durch Hautkontakt - Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen" anzuwenden und falls erforderlich weitere Schutzmaßnahmen umzusetzen.

3.4.6 Autorinnen und Ansprechpartnerin

Autorinnen

- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
Fachgruppe 4.1.1 "Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP"
- Dr. rer. nat. Melanie Berghaus
Fachgruppe 4.1.1 "Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP"

Ansprechpartnerin

- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
Fachgruppe 4.1.1 "Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP"

Kontakt

3.5 Brand- und Explosionsgefährdung

Für einen Brand bzw. eine Explosion sind drei Komponenten erforderlich: ein Brennstoff, ein Oxidationsmittel und eine wirksame Zündquelle. Damit es tatsächlich zu einem Brand kommt, müssen Brennstoff und Oxidationsmittel in einem zündfähigen Gemisch vorliegen; die Zündquelle benötigt dann nur die notwendige Zündenergie. In den meisten Fällen reicht der Sauerstoff aus der Umgebungsluft als Oxidationsmittel aus. Aber auch bestimmte Gefahrstoffe können Sauerstoff freisetzen und so brandfördernd wirken. Oxidierende Stoffe sind z. B. in vielen Reinigungsmitteln und in Chlorbleichlauge enthalten.

Bei einer Explosion muss ein ausreichend hoher Dispersionsgrad vorhanden sein; das bedeutet, dass der Brennstoff gleichmäßig mit dem Oxidationsmittel durchmischt ist. Dieser Zusammenhang wird im Branddreieck frei nach EMMONS [1] veranschaulicht (siehe Abb. 3.4-1). Im Vergleich zu einem Brand ist das Ausmaß der Gefährdung bei einer Explosion durch den hohen Temperatur- und Druckanstieg deutlich größer.

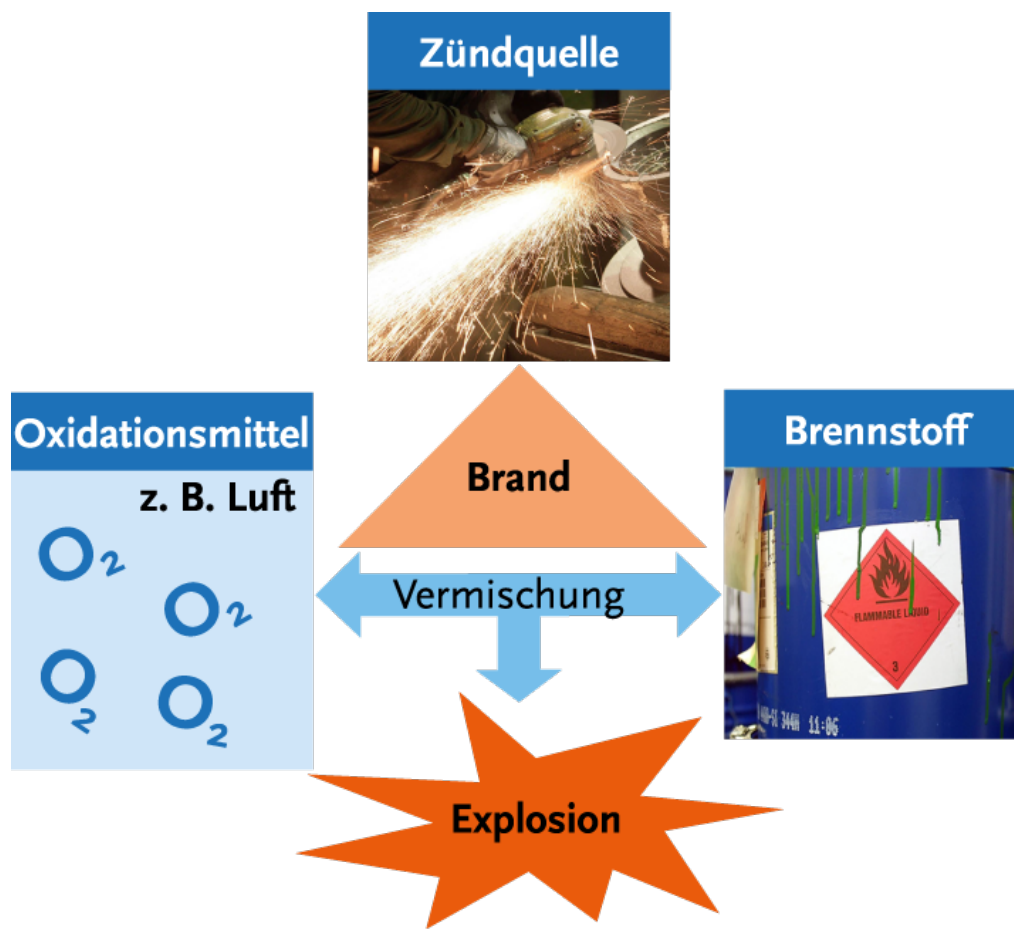


Abb. 3.4-1 Branddreieck frei nach Emmons; Grafik: BAuA

3.5.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen

Viele brennbare Gefahrstoffe lassen sich an ihrer Einstufung und Kennzeichnung erkennen (Tab. 3.4-1). Im betrieblichen Alltag werden vorwiegend brennbare Flüssigkeiten und Feststoffe gehandhabt, deren Dämpfe bzw. Stäube im Gemisch mit Luft eine explosionsfähige Atmosphäre bilden. Besonders gefährlich sind Gefahrstoffe, die auch ohne Luft explodieren können.

Auch nicht als gefährlich eingestufte und gekennzeichnete Gefahrstoffe können unter bestimmten Umständen brennen. Beispielsweise kann Speisefett in einer Fritteuse in Brand geraten, obwohl es nicht nach CLP-Verordnung als gefährlich eingestuft ist. Auch viele nicht als gefährlich eingestufte Feststoffe wie z. B. Mehl können brennbar oder gar explosionsfähig sein.

Schon eine sehr kleine Menge eines brennbaren Gefahrstoffs kann zu einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre führen. Aufgrund seiner hohen Freisetzung kann z. B. bereits ein Esslöffel Benzin ein 200-Liter-Fass mit explosionsfähiger Atmosphäre füllen. Häufig entstehen schwere Unfälle beim gewaltsamen Öffnen von Fässern mit Restmengen.

Besondere Vorsicht ist bei selbstzersetzlichen Gefahrstoffen und organischen Peroxiden geboten, die auch ohne Luftsauerstoff explosionsfähig sein können. Sie bilden selbstständig Gase und Dämpfe, die sich durch die dabei entstehende Reaktionswärme oder durch eine andere Zündquelle entzünden können. Neben Temperaturerhöhung können auch Erschütterungen, Reibung oder Schlag zu einer Aktivierung der Selbstzerersetzung führen. Gezielt genutzt werden solche Eigenschaften bei Sprengstoffen und Pyrotechnik. Weitere Informationen dazu finden sich im Kapitel Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände.

Tab. 3.4-1 Kennzeichnung von brand- und explosionsgefährdenden Gefahrstoffen (Auswahl)

Eigenschaft	Piktogramm	Signalwort	Gefahrenhinweis
Entzündbar		Gefahr	H224 Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar
		Achtung	H226 Flüssigkeit und Dampf entzündbar
		Gefahr/ Achtung	H228 Entzündbarer Feststoff
			
Selbstzersetzlich		Gefahr	H240 Erwärmung kann Explosion verursachen
		Gefahr	H241 Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen
			
		Gefahr/ Achtung	H240 Erwärmung kann Brand verursachen
Oxidierend		Gefahr	H270 Kann Brand verursachen oder verstärken
		Gefahr	H271 Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel
		Achtung	H272 Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel
Reaktiv: Reagiert mit Wasser		Gefahr	H260 In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase, die sich spontan entzünden können.
		Gefahr Achtung	H261 In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase
Reaktiv: Extremer pH		Gefahr	H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden

Bei der Verbrennung von Stoffen und Gemischen entsteht Feuer und Rauch. Besonders der Brandrauch gefährdet durch seine toxischen Bestandteile die Beschäftigten, siehe Tabelle 3.4-2. Aber auch die Wärmewirkung kann zu Personenschäden führen. Sowohl Feuer als auch Rauch verursachen darüber hinaus erhebliche Sachschäden.

Tab. 3.4-2 Gefährdungen durch Brände

Brandwirkung	Gefährdung	Schäden
Wärme	- thermische Aufheizung - Brandausbreitung	- Verbrennung - Gebäudeschäden
Rauch	- Einatmen von Gefahrstoffen - Kontamination	- Stolpern - Vergiftung - Korrosion und Gebäudeschäden durch Kontamination

Bei Explosionen ergeben sich neben Wärme und Rauch zusätzliche Gefährdungen durch Druckwirkung. Diese können z. B. zum unkontrollierten Umherfliegen von Teilen führen. Gefährdet sind sowohl Beschäftigte und ggf. Dritte an den Arbeitsplätzen als auch Dritte in der Umgebung der Arbeitsstätte (Nachbarschaft: andere Betriebe, öffentliche Einrichtungen, Anwohner). Nicht zu unterschätzen ist auch der wirtschaftliche Schaden für das Unternehmen; viele Unternehmen gehen nach einem Brand in die Insolvenz.

Hinweise, ob ein Gefahrstoff brennbar oder explosionsfähig ist, können im Sicherheitsdatenblatt enthalten sein unter:

- Abschnitt 2: Mögliche Gefahren, 2.3 Sonstige Gefahren
- Abschnitt 5: Maßnahmen zur Brandbekämpfung
- Abschnitt 7: Handhabung und Lagerung
- Abschnitt 9: Physikalische und chemische Gefahren

3.5.2 Ermittlung und Beurteilung

Tätigkeiten mit besonderer Brand- oder Explosionsgefährdung

- Bei den folgenden Tätigkeiten kommt es besonders häufig zu Bränden oder Explosionen:
- großflächige Verteilung des Gefahrstoffes, wie z. B. Versprühen, Streichen, Beschichten oder Tränken
 - Öffnen von dicht verschlossenen Behältern, Fässern und Anlagenteilen mit entzündbar, leicht entzündbar und extrem entzündbaren Gefahrstoffen
 - Ab- und Umfüllvorgänge von brennbaren Flüssigkeiten und brennbaren Schüttgütern
 - Tätigkeiten, bei denen feine Stäube entstehen
 - Tätigkeiten mit Zündquellen, Beispiele sind hier Tätigkeiten mit offenem Feuer, Schweiß-, Schneide-, Schleifgeräten oder energiereichem Licht
 - Instandhaltungsarbeiten

Methode: Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe: Modul Brand und Explosion

Die Beurteilung von Brand und Explosionsgefährdungen kann mit dem Einfachen Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) - Modul Brand und Explosion erfolgen. Um die Brand- und Explosionsgefährdung beurteilen zu können, nutzt das EMKG leicht zugängliche Informationen. Die Einstiegsparameter sind in Tabelle 3.4-3 zusammengefasst.

Tab. 3.4-3 Einstiegsparameter zur Beurteilung der Brand- und Explosionsgefährdung

Einstiegsparameter	Beurteilung
Gefährlichkeitsgruppe Brand und Explosion Einstufung: H-Satz der Reihe 200	Die Einstufung ist ein Maß für die von dem Gefahrstoff ausgehende Gefährlichkeit.
Freisetzungsguppe Staubungsverhalten, Dampfdruck oder Siedepunkt	Bewertung, wie schnell sich brennbare und explosionsfähige Dämpfe und Stäube in der Luft ausbreiten.
Mengengruppe Menge während der Tätigkeit	Bewertung der Gefährdung aufgrund der Menge und dem damit verbundenen Schadensausmaß.

Gefährlichkeitsgruppe Brand und Explosion

Die Gefährlichkeitsgruppe ergibt sich aus den H-Sätzen als Bestandteil der Einstufung und Kennzeichnung. Die H-Sätze finden sich auf dem Kennzeichnungsetikett und im Abschnitt 2 des Sicherheitsdatenblatts wieder.

Das Gefährlichkeitspotenzial ausgehend vom Gefahrstoff steigt von Gefährlichkeitsgruppe pc-A zur Gefährlichkeitsgruppe pc-E. In den Gefährlichkeitsgruppen pc-D und pc-E sind die Gefahrstoffe enthalten, die auch ohne Luftsauerstoff zum Brand oder zur Explosion führen können. Aufgrund der hohen Gefährdung führen diese im EMKG direkt in die Maßnahmenstufe 4.

Für Flüssigkeiten ohne Einstufung bezüglich physikalischer Gefahren wird die Gefährlichkeitsgruppe pc-A gewählt. Für alle Feststoffe, insbesondere Stäube und Mischstäube, für die keine Einstufung vorliegt, ist grundsätzlich die Gefährlichkeitsgruppe pc-C zu wählen. Auch die Angabe einer Staubexplosionsklasse führt immer zur Gefährlichkeitsgruppe pc-C.

Tab. 3.4-4 Gefährlichkeitsgruppe Brand und Explosion für eingestufte Gefahrstoffe

H-Satz	GG
Kein H-Satz*	pc-A
H226, H252, H280, H281, H290, EUH206, EUH209A	pc-B
H222, H223, H224, H225, H228, H229, H251, EUH018, EUH209	pc-C
H242, H261, H270, H271, H272, EUH014, EUH044	pc-D
H200, H201, H202, H203, H204, H205, H206, H207, H208, H220, H221, H230, H231, H232, H240, H241, H250, H260, EUH001, EUH006, EUH019	pc-E

Hinweis: Für Altbestände mit Kennzeichnung nach Stoff- und Zubereitungsrichtlinie können die Zuordnungstabellen auf der EMKG-Internetseite genutzt werden.

Ist ein nicht eingestufte Feststoff nachweislich nicht brennbar und nicht explosionsfähig, reicht die Gefährlichkeitsgruppe pc-A aus. Nicht brennbare Feststoffe, sind z. B. Sand, Gestein, Glas oder gelöschter Kalk. Ist der Gefahrstoff nachweislich nicht explosionsfähig, aber brennbar, dann kann basierend auf der Brennzahl [2] Gefährlichkeitsgruppe pc-A oder pc-B gewählt werden, siehe Tabelle 3.4-5.

Tab. 3.4-5 Gefährlichkeitsgruppe für nicht eingestufte Feststoffe

Brennzahlen	Gefährlichkeitsgruppe
1,2,3	pc-A
4,5,6	pc-B

Mengengruppe

Brand- und Explosionsgefährdungen werden durch die Menge des verwendeten Gefahrstoffs beeinflusst. Durch eine Betriebsbegehung kann die verwendete Menge anhand der ausgeführten Tätigkeit ermittelt werden. Anhand des verwendeten Gebindes ist die Zuordnung zur Mengengruppe bereits erkennbar. Das EMKG kennt drei Mengengruppen, die in Tabelle 3.4-6 aufgeführt sind. Es sind die gleichen Mengengruppen wie im Modul Einatmen.

Tab. 3.4-6 Zuordnung der Mengengruppen

	klein	mittel	groß
			
Feststoffe	g	kg	t
Flüssigkeiten	ml	l	m ³

Freisetzungsgruppe

Um abzuschätzen, wie sehr der Gefahrstoff dazu neigt sich in die Luft auszubreiten und dort zu verweilen, werden Flüssigkeiten und Feststoffe in Freisetzungsguppen unterteilt, siehe Tabelle 3.4-7. Diese sind die gleichen wie im Modul Einatmen. Bei flüssigen Gefahrstoffen ergibt sich die Freisetzungsguppe aus dem Siedepunkt oder dem Dampfdruck des Gefahrstoffs. Bei festen Gefahrstoffen kann die Freisetzungsguppe qualitativ abgeschätzt werden. Grundsätzlich gilt: Je feiner und trockener der Staub ist, desto eher bildet sich eine explosionsfähige Atmosphäre.

Beim Versprühen ist die Freisetzungsguppe aufgrund des entstehenden Sprühnebels immer hoch. Wässrige Lösungen, z. B. haushaltsübliche Reinigungsmittel, weisen eine geringe Flüchtigkeit auf; die Freisetzungsguppe ist niedrig. Erhöhte Anwendungstemperaturen begünstigen die Freisetzung. Wie man die Freisetzungsguppe für erhöhte Anwendungstemperaturen bestimmt, wird im Leitfaden zum EMKG-Modul Brand und Explosion [3] erklärt.

Bei einigen Tätigkeiten mit Feststoffen kann es zu feinem Staubabrieb kommen, z. B. durch das Fördern, Abwerfen oder Abkippen von Materialien. Da die hierbei freigesetzten Stäube sehr fein sind, ist die Freisetzungsguppe "hoch" zu wählen. Dies gilt besonders bei Arbeiten mit Granulat oder körnigen Substanzen, die sonst der Freisetzungsguppe "niedrig" zuzuordnen wären. Bei einer Teilchengröße über 1 Millimeter besteht keine Gefahr einer Staubexplosion mehr.

Tab. 3.4-7 Zuordnung der Freisetzungsguppe

	niedrig	mittel	hoch
Feststoffe	 Granulat, Pellets, Wachs	 Körnig: Staub, der sich nach einiger Zeit wieder absetzt (z. B. Waschmittel, Zucker).	 Feinpulvrig: Staub, der einige Minuten in der Luft bleibt (z. B. Mehl, Toner).
Flüssigkeiten Siedepunkt	mehr als 150 °C	50 bis 150 °C	weniger als 50 °C
oder Dampfdruck	weniger als 5 hPa	5 bis 250 hPa	mehr als 250 hPa

3.5.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

Rangfolge der Maßnahmen im Explosionsschutz

Die Festlegung von Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen erfolgt auf Grundlage des Branddreiecks. Dabei ist nach Gefahrstoffverordnung folgende Rangfolge zu beachten.

Gefährliche Mengen oder Konzentrationen von Gefahrstoffen, die zu Brand- oder Explosionsgefährdungen führen können, sind zu vermeiden. Dies kann erfolgen durch

- Austausch von brennbaren Gefahrstoffen mit nicht brennbaren,
 - Mengen- oder Konzentrationsbegrenzung von brennbaren Stoffen, um die untere Explosionsgrenze einzuhalten,
 - Absaugung von brennbaren Stoffen an der Entstehungsstelle,
 - Inertisierung.
2. Zündquellen oder Bedingungen, die Brände oder Explosionen auslösen können, sind zu vermeiden.
 3. Schädliche Auswirkungen von Bränden oder Explosionen sind so weit wie möglich zu verringern.

Maßnahmenempfehlung nach EMKG

Mit den Eingangsparametern

1. Gefährlichkeitsgruppe (GG) Brand und Explosion
2. Freisetzungsgruppe
3. Mengengruppe

wird anhand von Tabelle 3.4-8 eine von drei Maßnahmenstufen ermittelt und abgeleitet, wann weitere Beratung erforderlich ist. Die Maßnahmenstufen des EMKG werden durch Schutzleitfäden [4] konkretisiert.

Tab. 3.4-8 Entscheidungstabelle – EMKG-Modul Brand und Explosion

GG	Menge	Freisetzungsgruppe			
		niedrig	mittel	hoch	
pc-A	klein				Maßnahmenstufe 1 - Mindeststandards - Schutzleitfäden der Reihe 100
	mittel			*	
	groß		*	*	
pc-B	klein				Maßnahmenstufe 2 - technische Maßnahmen - Schutzleitfäden der Reihe 200 - erweiterte Brandschutzmaßnahmen - vorbeugender Explosionsschutz - tätigkeitsspezifische Zündquellenvermeidung
	mittel		*	*	
	groß	*	*	*	
pc-C	klein			flüssig	Maßnahmenstufe 3 - geschlossenes System - Schutzleitfäden der Reihe 300 - hohe Brandschutzmaßnahmen - anlagenbezogene/tätigkeitsspezifische Zündquellenvermeidung - konstruktiver Explosionsschutz
				fest	
	mittel	*		flüssig	
				fest	
pc-D	groß	*			Maßnahmenstufe 4 keine Schutzleitfäden
pc-E					

* Bei Feststoffen reichen hier Brandschutzmaßnahmen aus.

Maßnahmenempfehlungen nach EMKG sind:

Maßnahmenstufe 1

Für Maßnahmenstufe 1 reichen die konsequente Anwendung einer guten Arbeitspraxis und Hygienestandards aus. Diese sind im EMKG in den Schutzleitfäden Reihe 100 beschrieben. Sie beschreiben die notwendigen Basismaßnahmen zum Schutz vor Gefahrstoffen. Bei mangelnder Hygiene kann es leicht zu Staubablagerungen kommen. Ein guter Hinweis auf zu viel Staub sind sichtbare Hand- oder Fußabdrücke. Eine gleichmäßige Staubschicht von weniger als 1 mm Schichtdicke reicht aus, um beim Aufwirbeln einen Raum vollständig mit einem explosionsfähigen Staub-Luft-Gemisch auszufüllen.

Liegt ein fester Gefahrstoff mit der Freisetzungsgruppe "mittel" oder "hoch" vor, sollte ab dem "kg-Bereich" auch der Schutzleitfaden 240 "Staubarbeitsplätze" beachtet werden. Empfehlenswert ist es, die Schutzleitfäden der Reihe 100 arbeitsbereichsbezogen für den gesamten Betrieb umzusetzen und zu dokumentieren. Alle weiterführenden Maßnahmen sind nur wirksam, wenn ein guter Organisations- und Hygienestandard im Betrieb etabliert ist.

Maßnahmenstufe 2

Die Maßnahmen der Maßnahmenstufe 2 sind in den Schutzleitfäden der Reihe 200 beschrieben. Diese umfassen verschiedene Maßnahmenpakete.

Erweiterte Brandschutzmaßnahmen (Schutzleitfaden-Reihe pc-27X)

In diesen Schutzleitfäden sind bauliche Anforderungen beschrieben, wie feuerbeständige Trennwände und verkürzte Fluchtwege. Außerdem gehören dazu technische und organisatorische Maßnahmen, die für eine ständige Branderkennung und -meldung von Bränden sorgen. Das richtige Verhalten in einem solchen Fall wird in Alarm-, Flucht- und Rettungsplänen beschrieben.

Emissionsmindernde Maßnahmen (Schutzleitfaden-Reihe 200 aus Modul Einatmen)

Die Freisetzung der Gefahrstoffe bzw. die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre ist auf ein unbedenkliches Maß

zu reduzieren. Dafür können die Maßnahmen eingesetzt werden, die auch beim Einatmen die Freisetzung von Gefahrstoffen begrenzen, z. B. eine Absaugung.

Vorbeugender Explosionsschutz und Zündquellenvermeidung (Schutzleitfadenreihe pc-z8X)

Nur in wenigen Fällen kann eine Absaugeinrichtung den Gefahrstoff vollständig erfassen und somit eine explosionsfähige Atmosphäre verhindern. Deshalb enthält das Modul zusätzliche Vorgaben zum vorbeugenden Explosionsschutz und zur Zündquellenvermeidung. Die Schutzmaßnahmen zum vorbeugenden Explosionsschutz sind im Schutzleitfaden pc-z8o für alle Tätigkeiten zusammengefasst. Spezifische Schutzleitfäden zur Zündquellenvermeidung enthält die Reihe pc-z8x, in denen in Abhängigkeit von der Tätigkeit und der Gefahrstoffeigenschaft die Schutzmaßnahmen beschrieben sind.

Eine Zündquelle liefert die notwendige Startenergie; der Brennstoff reagiert mit dem Sauerstoff. Zündquellen, die Brände oder Explosionen auslösen, sind zu vermeiden. Das EMKG bietet neben den Schutzleitfäden eine Hilfestellung zur Zündquellenidentifizierung und -vermeidung [4].

Häufige Zündquellen sind z. B.:

- Flammen (offenes Feuer, Zigaretten, Glutnester, Schweißfunken, Brenner)
- heiße Oberflächen (Motoren, Heizungen, Heizstrahler, Fön)
- elektrische Energie (Licht, Lichtschalter, Klingel, elektrische Geräte)
- Lichtbögen (Schweißen)
- mechanisch erzeugte Funken (durch funkenreißendes Werkzeug)
- elektrostatische Aufladung (Schuhe)
- Strahlung: ionisierende, elektromagnetische (Handy, Funkgerät)
- Ultraschall
- chemische Reaktionen

Flammen zählen zu den wirksamsten Zündquellen, da sie eine sehr hohe Temperatur von mehr als 400 °C aufweisen. Daher sind sie ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen in allen explosionsgefährdeten Bereichen verboten. Dies muss vor allem bei Instandhaltungs- oder Feuerarbeiten mit Bunsenbrennern, Feuerzeugen oder Schweiß- und Schneidgeräten berücksichtigt werden. Solche Arbeiten sind grundsätzlich in einem Freigabeverfahren zu regeln, z. B. durch einen Heißeinlassschein.

Kommt eine explosionsfähige Atmosphäre mit einer heißen Oberfläche in Berührung, kann diese entzündet werden. Beispiele für heiße Oberflächen sind Heizplatten, Gehäuse von bewegten Teilen, Heizungen, Reibungskupplungen, Lampen oder Motorengehäuse.

Entladung statischer Elektrizität kann zur Entzündung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen. Ein Beispiel hierfür ist die Entladung aufgeladener Teile oder Personen; z. B. reicht die Aufladung über nicht ableitfähige Schuhe als Zündquelle aus. Diese Entladung tritt insbesondere bei Um- oder Abfüllvorgängen, Schüttgüterentladungen oder schnellen Trennvorgängen, wie dem Abziehen von Folie auf. In explosionsgefährdeten Bereichen ist darauf zu achten, dass keine isolierten Materialien verwendet werden und ableitfähige Materialien immer geerdet sind. Weitere Hinweise zur Vermeidung von statischer Elektrizität werden in Kapitel 2.2 Statische Elektrizität behandelt. In diesem Kapitel wird auf ihre direkte personengefährdende Wirkung eingegangen, z. B. durch elektrischen Schlag und sekundäre Unfälle durch Schreckreaktionen.

Bei den chemischen Reaktionen als Zündquelle sind vor allem selbsterhitzungsfähige und pyrophore Stoffe, organische Peroxide, aber auch Gefahrstoffe, die mit Wasser reagieren, zu nennen. Auch Stoffe mit extremen pH-Werten wie starke Säuren und Basen können unter starker Wärmeentwicklung reagieren. Zu erkennen sind solche Gefahrstoffe daran, dass sie wegen ihrer Ätzwirkung auf die Haut eingestuft sind.

Ein nützliches Instrument zur Verhinderung der Zündung explosionsfähiger Atmosphäre kann bei stationären Arbeitsplätzen und Anlagen die Zoneneinteilung sein. Nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre wird die Zone festgelegt und eine Gerätekategorie zugeordnet. Darüber können geeignete explosionsschutzfähige Geräte beschafft werden, siehe Tabelle 3.4-9.

Tab. 3.4-9 Zoneneinteilung und Einteilung der in ihnen zu verwendenden Geräte nach EU-Richtlinie 2014/34/EU

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre	Zone Gase, Dämpfe	Geräteklasse	Zone Stäube	Geräteklasse	Zündquellenfreiheit
ständig, langzeitig	0	1G	20	1D	Gerät stellt bei unvorhersehbaren, seltenen und vorhersehbaren Betriebsstörungen bei bestimmungsgemäßem Betrieb keine Zündquelle dar.
gelegentlich oder häufig	1	2G	21	2D	Gerät stellt bei vorhersehbaren Betriebsstörungen und bestimmungsgemäßem Betrieb keine Zündquelle dar.
selten und kurzzeitig	2	3G	22	3D	Gerät stellt bei bestimmungsgemäßem Betrieb keine Zündquelle dar.

Maßnahmenstufe 3

Hier liegt ein hoher Maßnahmenbedarf zum Schutz vor Brand- und Explosionsgefährdungen vor. Empfohlen werden, aufbauend auf den allgemeinen Organisations- und Hygienemaßnahmen der Reihe 100:

- hohe Brandschutzmaßnahmen
- geschlossenes System
- konstruktiver Explosionsschutz
- anlagenbezogene oder tätigkeitsspezifische Zündquellenvermeidung mit erhöhter Sicherheit

Das EMKG-Modul Brand und Explosion enthält einen Schutzleitfaden zu hohen Brandschutzmaßnahmen (pc-370), der mit den anderen Schutzleitfäden der Reihe 300 kombiniert werden kann. Geschlossene Systeme bieten zudem die Möglichkeit zur Druckabsenkung und Inertisierung. Dadurch kann die Gefährdung weiter verringert werden. Kann trotz aller Maßnahmen nicht sicher ausgeschlossen werden, dass eine Explosion auftritt, muss das Schadensmaß mit Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes minimiert werden. Dazu ist in der Regel eine Beratung durch Experten notwendig.

Maßnahmenstufe 4

Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, die auch ohne Luft explosionsfähig oder explosionsgefährlich sind, besteht eine besonders hohe Brand- und Explosionsgefährdung. Dazu gehören vor allem explosive Stoffe und Gemische, Erzeugnisse mit Explosivstoff (z. B. Sprengstoff, Pyrotechnik) sowie selbstzersetzliche Stoffe und Gemische und organische Peroxide. Im EMKG-Modul Brand und Explosion sind diese den Gefährlichkeitsgruppen pc-D und pc-E zugeordnet. Hier sind zusätzlich sowohl die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung und für explosionsgefährliche Gefahrstoffe (Gefährlichkeitsgruppe pc-E) auch die des Sprengstoffgesetzes zu beachten.

Da diese Gefahrstoffe auch ohne Luft explodieren können, hängt die Höhe der Explosionsgefährdung nicht von der Freisetzung, sondern nur von der Menge ab. Für die Gefährdungsbeurteilung ist ein spezielles Fachwissen erfor-

nderlich, das nicht über Schutzleitfäden abgedeckt werden kann. Als Hilfestellung gibt es Technische Regeln, Handlungsempfehlungen und Fortbildungsveranstaltungen der Unfallversicherungsträger und der Bundesländer. Empfehlenswert ist die Beratung durch Brand- und Explosionsschutz- und ggf. Sprengstoffexperten. Weitere Informationen zu diesen Gefahrstoffen finden sich im Kapitel Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände.

Wirksamkeitskontrolle

Die Wirksamkeitskontrolle kann mithilfe der EMKG-Schutzleitfäden erfolgen. Außerdem sind regelmäßige Sicht- und Funktionskontrollen erforderlich, z. B. auf Störgeräusche und offensichtliche Mängel an Arbeitsmitteln.

Ab der Maßnahmenstufe 2 muss auch die Wirksamkeit der emissionsmindernden Maßnahmen wie raumlufttechnische Anlagen und Absaugungen regelmäßig überprüft werden. Nach Gefahrstoffverordnung ist dieses mindestens alle drei Jahre erforderlich, bei Einrichtungen zum Abscheiden, Erfassen und Niederschlagen von Stäuben z. B. Absauganlagen jährlich.

Für die getroffenen Maßnahmen zum Explosionsschutz stellt die Betriebssicherheitsverordnung weitere Anforderungen an die Wirksamkeitsprüfung. Gemäß BetrSichV Anhang 2, Abschnitt 3 ist durch eine befähigte Person zu prüfen, ob alle im explosionsgefährdeten Bereich vorgesehenen Arbeitsmittel und die Arbeitsumgebung sowie die Maßnahmen zum Schutz Dritter die Explosionssicherheit gewährleisten. Die Prüfungen haben das Ziel, den Schutz vor Explosionen und Bränden mindestens bis zur nächsten Prüfung sicherzustellen. Die befähigte Person hat

- eine einschlägige technische Berufsausbildung oder eine andere für die vorgesehenen Prüfungsaufgaben ausreichende technische Qualifikation
- mindestens eine einjährige Erfahrung mit der Herstellung, dem Zusammenbau, dem Betrieb oder der Instandhaltung der zu prüfenden Anlagen oder Anlagenkomponenten in Bezug auf Explosionsschutz
- Kenntnisse über Explosionsgefährdungen durch Teilnahme an Schulungen oder Unterweisungen und hält diese auf aktuellem Stand.

Wenn Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen einer Gerätekategorie der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU entsprechen, sind diese vor Inbetriebnahme, nach prüfpflichtigen Änderungen, nach Instandsetzung und durch wiederkehrende Prüfung durch eine befähigte Person zu prüfen. Diese benötigt neben einer der Prüfaufgabe entsprechenden Qualifikation auch eine behördliche Anerkennung. Außerdem verfügt sie über die für die Prüfung erforderlichen Prüfeinrichtungen. Diese Prüfung kann nach der Instandsetzung durch den Hersteller durchgeführt werden. Der Hersteller muss bestätigen, dass das Gerät, das Schutzsystem oder die Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtung in den für den Explosionsschutz wesentlichen Merkmalen den Anforderungen der Explosionsschutzverordnung entspricht, die die ATEX-Richtlinie 2014/34/EU in Deutschland umsetzt.

Weitere Anforderungen an "Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen" sind in den Teilen 1 bis 4 der TRBS 1201 aufgeführt. Diese sind mit bestimmten Ausnahmen von zugelassenen Überwachungsstellen durchzuführen. Die BAuA hat eine Liste mit zugelassenen Überwachungsstellen auf ihrer Homepage veröffentlicht [5].

3.5.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen, EU-Richtlinien

www.gesetze-im-internet.de; <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Explosionsschutzverordnung (11. ProdSV)
- ATEX-Richtlinie 2014/34/EU

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

www.baua.de

- TRGS 400 "Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen"
- TRGS 510 "Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern"
- TRGS 800 "Brandschutzmaßnahmen"
- TRGS 720 "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines"
- TRGS 721 "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung"
- TRGS 722 "Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische"
- TRGS 723 "Gefährliche explosionsfähige Gemische - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische"
- TRGS 724 "Gefährliche explosionsfähige Gemische - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken"
- TRGS 727 "Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen"
- TRBS 1201 "Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen"
- TRBS 1201 Teil 1 "Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen"
- TRBS 1201 Teil 3 "Instandsetzung an Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 2014/34/EU"
- TRBS 1203 "Zur Prüfung befähigte Personen"

DGUV Vorschriften, DGUV Regeln und DGUV Informationen

- DGUV Regel 113-001 (bisher BGR 104) Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)
- DGUV Information 213-106 Explosionsschutzdokument
- DGUV Information 213-057 (bisher BGI 518) Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz Einsatz und Betrieb
- DGUV Information 205-001 (bisher BGI 560) Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz
- DGUV Information 205-003 (bisher BGI 847) Aufgaben, Qualifikation und Ausbildung von Brandschutzbeauftragten
- DGUV Information 205-023 (bisher BGI/GUV-I 5182) Brandschutzhelfer - Ausbildung und Befähigung

Literatur

- [1] EMMONS, H. W.: HEAT Transfer in Fire. Journal of Heat Transfer. 95(2) 1973, S. 145–151
- [2] Erläuterungen Brennbarkeit, Gestis Staub-Ex Datenbank. IFA - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherungen. [Online] [Zitat vom: 09.05.2023.] <https://staubex.ifa.dguv.de/HTML-Dokumente/erltn.htm>
- [3] SCHWEIZER-KARABABA, I., WILMES, A., WOLF, T., WIECHEN, K., BERGHAUS, M.: EMKG-Leitfaden – Modul Brand und Explosion. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2020
- [4] Schutzleitfäden konkretisieren die EMKG Maßnahmenstufe. Internetseite der BAuA. [Online] [Zitat vom: 09.05.2023.] <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrstoffe/EMKG/EMKG-Schutzleitfaeden.html>
- [5] Liste Zugelassener Überwachungsstellen. [Online] BAuA. [Zitat vom: 09.05.2023.] <https://www.baua.de/DE/Aufgaben/Gesetzliche-und-hoheitliche-Aufgaben/Produktsicherheitsgesetz/Zugelassene-Ueberwachungsstellen.html>

Internetangebote/Links

Gefährdungsbeurteilungshilfen

- [Explosionsschutz - Katalog zum Erstellen von Gefährdungsbeurteilungen](#)
ein Angebot der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft

Fachliche Herstellerbroschüren

- [Grundlagen Explosionsschutz](#)
Überblick über wesentliche Gesichtspunkte des Explosionsschutzes. (Hrsg.: Cooper Crouse-Hinds GmbH)
- [Grundlagen Explosionsschutz](#)
Explosionsschutz im Zusammenhang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen. (Hrsg.: R. Stahl AG)
- Explosionsschutz - Richtlinien und Grundlagen
Einführung und Übersicht zum Explosionsschutz - Anforderungen an Geräte und Schutzsysteme zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen. (Hrsg.: Endress+Hauser Messtechnik GmbH+Co. KG)
- [Grundlagen Explosionsschutz](#)
Explosionsschutz, Schutzprinzipien, Zündschutzarten, Kennzeichnung. (Hrsg.: BARTEC Top Holding GmbH)

Informationsportale Explosionsschutz

- Gemeinsames Brand- und Explosionsschutzportal der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
- [Explosionsschutzportal](#) der BG RCI

3.5.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

Die Prüffragen gehen über die beschriebenen Schritte zur Ableitung von Maßnahmen nach dem EMKG hinaus und sind zusätzlich zu prüfen.

- Sind Feststoffe, die erfahrungsgemäß brennbar sind, wie z. B. Papier, Holz, Polyethylen, Polystyrol, vorhanden?
- Geht von den vorhandenen Arbeitsstoffen im Betrieb eine Staubbelastung aus?
- Werden Arbeitsstoffe im Betrieb mechanisch bearbeitet, zerkleinert oder auf Förderbändern transportiert (z. B. feiner Abrieb durch Förderbänder)?
- Werden Gefahrstoffe verwendet, von denen bekannt ist, dass sie bei der vorhandenen Anwendungstemperatur zum Brennen neigen oder deren Stoff/Luft-Gemische explosionsfähig sind (z. B. Ammoniak, Chlor oder Sprühnebel von Heizöl)?
- Werden Arbeitsverfahren angewendet, bei denen es zu gefährlichen chemischen Reaktionen kommen kann (z. B. beim Verdünnen von Salpeter- oder Flusssäure mit Wasser; bei der Ladung von Batterien mit Wasserstoffbildung oder Tätigkeiten mit Ammoniumnitrat bzw. ammoniumnitrathaltigen Düngemitteln)?

Vorlagen für die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung zu Brand und Explosion

EMKG:

- [EMKG-Software](#)
- Dokumentation einer Gefährdungsbeurteilung - Für den Teil Brand- und Explosionsgefährdungen
- [Muster eines Explosionsschutzdokuments](#), Quelle: BG BAU
- [BGHM-Beispiele](#)
- [BG-RCI-Beispiele](#)
- [FSA-Beispiele](#)

Weitere Musterchecklisten

- [SUVA-Checkliste "Statische Elektrizität"](#)
- [SUVA-Checkliste "Explosionsrisiken"](#)

3.5.6 Autorinnen und Ansprechpartnerin

Autorinnen

- Dr. rer. nat. Melanie Berghaus
Fachgruppe 4.1.1 Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP
- Dipl.-Ing. Annette Wilmes
Fachgruppe 4.1.1 Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP

Ansprechpartnerin

- Dr. rer. nat. Melanie Berghaus
Fachgruppe 4.1.1 Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP

Kontakt

3.6 Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände

Die Kriterien der Gefahrenklasse "Explosive Stoffe/Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoff" richten sich nach den Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008.

Definition nach Sprengstoffgesetz

Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände werden über das Sprengstoffgesetz (SprengG) definiert. Sie enthalten bzw. bestehen aus explosionsgefährlichen Stoffen. Feste oder flüssige Stoffe bzw. Gemische sind dann explosionsgefährlich, wenn sie durch eine nicht außergewöhnliche thermische, mechanische oder andere Beanspruchung zur Explosion gebracht werden können. Hierbei sind die in Anhang I, Teil A.14 der Verordnung (EG) Nr. 440/2008 der Kommission vom 30. Mai 2008 zur Festlegung von Prüfmethoden gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) festgelegten Prüfmethoden anzuwenden. Ob ein explosionsgefährlicher Stoff ein Explosivstoff oder ein pyrotechnischer Gegenstand ist, ergibt sich aus seiner Verwendung.

Explosivstoffe

Explosivstoffe sind Sprengstoffe, Treibstoffe, Zündstoffe und Gegenstände, die diese Stoffe beinhalten, sowie pyrotechnische Sätze. Explosionsgefährliche Stoffe, die zur Herstellung von Explosivstoffen dienen, sind den Explosivstoffen gleichgestellt.

Definition nach SprengG:

- a) Stoffe und Gegenstände, die nach der Richtlinie 2014/28/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung auf dem Markt und die Kontrolle von Explosivstoffen für zivile Zwecke (Neufassung) (ABl. L 96 vom 29.3.2014, S. 1) als Explosivstoffe für zivile Zwecke betrachtet werden oder diesen in Zusammensetzung und Wirkung ähnlich sind,
- b) die in Anlage III genannten Stoffe und Gegenstände.

Pyrotechnische Gegenstände

Pyrotechnische Gegenstände sind Gegenstände, die explosionsgefährliche Stoffe oder Stoffgemische enthalten (pyrotechnische Sätze), mit denen auf Grund selbsterhaltender, exotherm ablaufender chemischer Reaktionen Wärme, Licht, Schall, Gas oder Rauch oder eine Kombination dieser Wirkungen erzeugt werden soll.

Explosive Eigenschaften

Explosive Eigenschaften sind verknüpft mit dem Vorhandensein von bestimmten chemischen Gruppen im Molekül, die bei einer Reaktion einen sehr raschen Temperatur- oder Druckanstieg bewirken können.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass explosionsgefährliche Stoffe im Molekül oder in den jeweiligen Mischungen brennbare und sauerstoffliefernde Bestandteile enthalten. Hierbei handelt es sich meist um Stoffe mit Sauerstoff-Stickstoff-Verbindungen, wie Nitrite, Nitrate, Nitro- oder Nitroso-Verbindungen, oder auch mit Sauerstoff-Chlor-Gruppen (Chlorate, Perchlorate). Ausnahmen von der Reaktion mit disponiblen Sauerstoff bilden einige Stoffe (z. B. Azide), bei deren Zersetzung in die Elemente genügend Energie und Gasvolumen (Stickstoff) für den Explosionsprozess frei werden.

Sicherheitstechnisch bedeutet dies, dass diese Stoffe und Stoffgemische jederzeit reaktionsfähig sind. Ob eine Reaktion stattfindet, hängt vom Auslösepotenzial ab (Zündquellen). Im Folgenden wird aus Gründen der Vereinfachung - soweit nicht weiter ausgeführt - nur der Begriff Explosivstoff verwendet, obwohl prinzipiell auch pyrotechnische Gegenstände gemeint sind.

3.6.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen

Umsetzungsarten und Wirkungen von Explosivstoffen

Je nach Geschwindigkeit der Umsetzung von Explosivstoffen wird unterschieden zwischen

- Deflagration, die chemische Umsetzung mit Flammenbildung, die mit Unterschallgeschwindigkeit abläuft, ohne den Sauerstoff der Umgebung zu benötigen;
- Detonation, die chemische Umsetzung, die mit Überschallgeschwindigkeit unter Bildung einer Stoßwelle abläuft.

Die Umsetzung ist mit folgenden Wirkungen verbunden:

- Luftstoßwirkung
- Bodenstoß- und Kraterwirkung
- Wirkung durch Spreng- und Wurfstücke
- thermische Wirkung durch Flammen und Wärmestrahlung
- Wirkung der Explosionsschwaden

Luftstoßwirkung

Bei der Oberflächendetonation eines Explosivstoffs kommt es zur Ausbildung einer Luftstoßwelle, die sich mit sehr hoher Anfangsgeschwindigkeit vom Detonationsort ausbreitet. Der Überdruck in der Stoßwellenfront nimmt mit zunehmender Entfernung vom Detonationsort ab und gleichzeitig nimmt die Dauer des Luftstoßimpulses zu. Die Zusammenhänge zwischen den Stoßwellenparametern und dem Abstand vom Detonationsort beschreiben Skalierungsgesetze. Nach dem Skalierungsgesetz von CRANZ verhalten sich die Entfernungen vom Detonationsort, in denen der gleiche Stoßdruck herrscht, wie die dritten Wurzeln aus den Massen der gleichen Explosivstoffladungen. Die Luftstoßwirkung wird u. a. durch den Druck der normal reflektierten Luftstoßwelle erfasst. In Abhängigkeit vom skalierten Abstand k zwischen Donator und Akzeptor sind die Druckwirkungen in Tabelle 3.5-1 beschrieben. Als Donatoren werden gefährdende Objekte bezeichnet. Die Objekte, die einer Gefährdung ausgesetzt sind, nennt man Akzeptoren. Der Faktor k ist definiert als

$$k = E / m^{1/3}$$

(mit E = Entfernung in Metern und m = Nettoexplosivstoffmasse in kg).

Tab. 3.5-1 Luftstoßdruck in Abhängigkeit vom skalierten Abstand k (Orientierungswerte)

Skalierter Abstand k in $m/kg^{1/3}$	Überdruck in der normal reflektierten Luftstoßwelle in kPa
2	600 ... 1100
5	80 ... 130
10	26 ... 31
15	15 ... 18
20	10 ... 13
22	9 ... 11,5

Der Luftstoßdruck bewirkt die in den Tabellen 3.5-2 bis 3.5-4 dargestellten typischen Verletzungen von Personen bzw. Schäden an Gebäuden. In der Mustersicherheitsanalyse nach § 7 StörfallV [3] stehen weitere Informationen zur Verfügung.

Tab. 3.5-2 Schadensbilder von Luftstoßwellen (Orientierungswerte)

Schadensbild	Überdruck in der normal reflektierten Luftstoßwelle in kPa (Schwellenwert)
Fensterscheiben, Fensterrahmen, Türen (beschädigt bis zerstört)	2,5 ... 14
Dächer (beschädigt bis zerstört)	5 ... 17
50-%-Grenze für Trommelfellschäden	11 ... 14
Leichte Wandverkleidung (beschädigt bis zerstört)	14 ... 30
Ziegelsteinmauer (beschädigt bis zerstört)	30 ... 150
Stahlskelette leichter Gebäude (beschädigt)	30 ... 250
Backsteingebäude (beschädigt bis zerstört)	30 ... 360
Lungenschäden (stark impulsabhängig)	50 ... 100
Betonbauten und Stahlbetonbauten (beschädigt bis zerstört)	180 ... 5 000
Tod des Menschen	140 ...

Tab. 3.5-3 Verletzungen von Personen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Detonationsort in Metern (orientierende Werte)

Explosivstoffmasse in kg	< 1 % leichte Kopfverletzungen	< 1 % Gehörschäden
4 000	~ 320 m	~ 200 m
10 000	~ 430 m	~ 280 m
20 000	~ 550 m	~ 350 m
40 000	~ 700 m	~ 450 m
60 000	~ 800 m	~ 500 m

Die Schäden an Gebäuden durch Luftstoßwirkung in Abhängigkeit von der Explosivstoffmasse und der Entfernung vom Detonationsort werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 3.5-4 Schäden in Abhängigkeit von der Entfernung in Metern (Orientierungswerte)

Schadensbild	Explosivstoff- masse 4 000 kg	Explosivstoff- masse 10 000 kg	Explosivstoff- masse 20 000 kg	Explosivstoff- masse 40 000 kg	Explosivstoff- masse 60 000 kg
totale Gebäudeschäden	50 m	60 m	80 m	100 m	110 m
schwere Gebäudeschäden	110 m	140 m	180 m	230 m	260 m
mittlere Gebäudeschäden	160 m	210 m	270 m	340 m	390 m
leichte Gebäudeschäden	180 m	240 m	300 m	380 m	440 m
geringe Gebäudeschäden (z. B. Fensterschäden)	270 m	370 m	460 m	580 m	670 m

Bodenstoß- und Kraterwirkung

Die Bodenstoß- und Kraterwirkung liegt bei Detonationen hinsichtlich ihrer Schadenswirkung deutlich unter der Schadenswirkung des Luftstoßes. Die Bodenstoßwirkung muss im Hinblick auf die Standfestigkeit von Wänden und Gebäuden berücksichtigt werden. Innerhalb des Kraterradius ist mit einer sympathetischen Detonationsübertragung (gleichzeitige Detonation der gesamten Explosivstoffmasse) zu rechnen.

Wirkung durch Spreng- und Wurfstücke

Bei einer Explosion können Gebäude- oder Maschinenteile, aber auch Teile explodierender Gegenstände vom Explosionsort weggeschleudert werden. Die Wurfweite ist u. a. abhängig von Art und Nettoexplosivstoffmasse (NEM) des Explosivstoffs, den Einschlussbedingungen sowie der Bauausführung des Gebäudes und lässt sich quantitativ nur sehr schwer beschreiben. Unter bestimmten Bedingungen treten Wurfweiten von mehreren hundert Metern auf. Spreng- und Wurfstücke bilden somit eine zusätzliche Gefährdung insbesondere für ungeschützte Personen.

Für die Gefährdung durch Wurfstücke wird international die Wurfstückdichte (Einheit: kg/m^2) herangezogen. In Gebäuden wird mit einer Letalität von unter 1 % gerechnet, wenn die Wurfstückdichte etwa 1 kg/m^2 beträgt. In nachstehender Zusammenstellung sind die Entfernungen, bei denen diese Gefährdung auftritt, in Abhängigkeit von der Explosivstoffmasse aufgeführt:

Tab. 3.5-5 Entfernungsangaben für die Wurfstückdichte 1 kg/m^2 (Orientierungswerte)

Explosivstoffmasse in kg	Entfernungen in m (Wurfstückdichte 1 kg/m^2)
4 000	63
10 000	90
20 000	118
40 000	154
60 000	180

Des Weiteren ist mit zusätzlicher Sprengstückwirkung zu rechnen, wenn mit großkalibrigen Geschossen, Bomben

oder Gefechtsköpfen umgegangen wird. Die Wirkung ist im Einzelfall im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung abzuschätzen. Hierbei sind mit Splitterreichweiten von bis zu 1 000 m zu rechnen.

Splitterwirkungen werden als gefährlich eingestuft, wenn die Splitter eine kinetische Energie von ≥ 80 J haben und die Splitterdichte 1 Splitter pro 56 m^2 beträgt.

Thermische Wirkung

Die Wirkung der Wärmestrahlung kann durch ein Feuerballmodell charakterisiert werden. Danach berechnet sich der maximale Durchmesser des Feuerballs zu

$$D = 3,7675M^{0,325}$$

wobei M die Masse des abbrennenden Stoffs in kg ist. Die bei einem sehr schnellen Abbrand (Deflagration) entstehende Druckwelle kann vernachlässigt werden, da diese wesentlich geringer ist als bei der beschriebenen Gefährdung durch Luftstoßdruck bei gleicher Explosivstoffmenge.

In der folgenden Aufstellung sind in Abhängigkeit von der Explosivstoffmasse Feuerballdurchmesser und Wirkungsdauer angegeben.

Tab. 3.5-6 Angaben zum Feuerball (Orientierungswerte)

Explosivstoffmasse in kg	Durchmesser in m	Wirkungsdauer in s
4 000	56	4,7
10 000	75	6,4
20 000	94	8,2
40 000	118	10,4
60 000	134	12,0

Wirkung der Explosionsschwaden

Bei der Umsetzung von Explosivstoffen entstehen hauptsächlich gasförmige Reaktionsprodukte, die sog. Explosionsschwaden, deren Art und Mengenanteile maßgeblich von der chemischen Zusammensetzung des Explosivstoffs und den Umsetzungsbedingungen abhängig sind.

Die hauptsächlich gasförmigen Reaktionsprodukte von Explosivstoffen sind Kohlendioxid, Stickstoff und Wasserdampf. In zumeist geringeren Mengenanteilen entstehen jedoch auch – je nach Zusammensetzung des Explosivstoffs – toxische und reizend wirkende Gase, wie Kohlenmonoxid, nitrose Gase, Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Chlorwasserstoff usw.

Im Allgemeinen ist die Wirkung der toxischen Schwadenbestandteile im Vergleich zu den anderen genannten Wirkungen von Explosivstoffen als untergeordnet einzustufen, da im Freien oder bei guter Belüftung eine schnelle Verdünnung der Gase eintritt. Gesundheitsgefährdungen können jedoch bei nicht ausreichender Belüftung entstehen, z. B. in geschlossenen Räumen oder bei der Verwendung von Explosivstoffen im untertägigen Bergbau.

Gesundheitsgefährdungen bei Tätigkeiten mit Explosivstoff

Bei Tätigkeiten mit Explosivstoff kann eine Inhalation von Stäuben und Dämpfen, der Hautkontakt oder die Aufnahme über die Haut zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Beschäftigten führen. Durch eine gute Belüftung des Arbeitsplatzes und das Tragen geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (z. B. Chemikalienschutzhandschuhe) wird diese Gefährdung im Regelfall ausreichend minimiert. Es muss jedoch beachtet werden, dass einige Explosivstoffe als krebserzeugend, keimzellmutagen oder reproduktionstoxisch eingestuft sind. Die Angaben im Sicherheitsdatenblatt sind daher unbedingt zu beachten. Weitere Informationen finden sich in den Kapiteln "Gute Arbeitspraxis und Hygienestandards", "Hautkontakt mit Gefahrstoffen" und "Einatmen von Gefahrstoffen", .

3.6.2 Ermittlung und Beurteilung

Sicherheitstechnische Kenngrößen

Im Folgenden sollen die für explosionsgefährliche Stoffe charakteristischen sicherheitstechnischen Kenngrößen dargelegt werden.

Prüfung der chemischen und thermischen Stabilität

Die Prüfung dient dem Nachweis der Verträglichkeit der Stoffbestandteile und der Beständigkeit bei höheren Temperaturen. Eine bewährte Prüfmethode ist eine Warmlagerung bei 75 °C über 7 Tage im offenen oder lose verschlossenen Prüfglas.

Zur Bestimmung der thermischen Stabilität bieten sich auch kalorimetrische Messverfahren (z. B. Differentialthermoanalyse (DSC), Thermogravimetrische Analyse (TGA)) an, aus denen die Temperatur der beginnenden thermischen Zersetzung ermittelbar ist.

Verhalten gegenüber thermischer Einwirkung

- Entzündungstemperatur, z. B. im Woodschen Metallbad
- Entzündbarkeit durch Cereisenfunken (erzeugt durch Feuerstein)
- Entzündbarkeit durch den Feuerstrahl einer Schwarzpulveranzündschnur
- Entzündbarkeit durch Gasstrahl
- Entzündbarkeit durch rotglühenden Stahlstab
- Entzündbarkeit und Verbrennungsdauer in einer rotglühenden Stahlschale

Stahlhülsenversuch (Koenen-Test)

- Verhalten beim Erhitzen unter Einschluss. Diese Prüfmethode liefert quantitative Ergebnisse und eine Antwort auf die Frage, ob ein Stoff auch in kleiner Menge ohne vollständigen Einschluss explodieren kann.

Mechanische Empfindlichkeit

- Schlagempfindlichkeit ermitteln mit dem BAM-Fallhammer
- Reibempfindlichkeit ermitteln mit dem BAM-Reibapparat

Empfindlichkeit gegenüber einem Detonationsstoß in einem Stahlrohr

Die Ermittlung der Fähigkeit eines Stoffs, eine eingeleitete Detonation weiterleiten zu können, erfolgt in 1"-, 2"- und 4"-Stahlrohren mit den möglichen Ergebnissen

- keine Weiterleitung,
- teilweise Weiterleitung oder
- Weiterleitung.

Empfindlichkeit gegenüber elektrostatischer Aufladung

Die Ermittlung der Fähigkeit eines Stoffs, sich bei Aufladung umzusetzen.

- Bestimmung der Mindestzündenergie mittels Messmethoden, die eine definierte elektrostatische Entladung ermöglichen.
- Für Treibladungspulver erfolgt die Prüfung nach DIN EN 13938-2.

Als weitere Kenndaten kommen infrage:

- Detonationsgeschwindigkeit
- O₂-Bilanz
- Explosionswärme
- Normalgasvolumen
- Dichte
- Schmelztemperatur
- Kalorimetrische Kenndaten (Zersetzungstemperaturen, Zersetzungsenergie)

Klassifizierung der Wirkungen

Die Gefährdungsgruppenzuordnung entspricht der DGUV Regel 113-017, Allgemeiner Teil, Abschnitt 3.2. Die Wirkungen

der Explosivstoffe werden in folgende vier Gefährgruppen eingeteilt:

Gefährgruppe 1.1

Die Explosivstoffe dieser Gruppe können in der Masse explodieren. Die Umgebung ist durch Druckwirkung (Stoßwellen), durch Flammen und durch Spreng- und Wurfstücke gefährdet; bei starkmanteligen Gegenständen ist eine zusätzliche Gefährdung durch Sprengstücke vorhanden.

Gefährgruppe 1.2

Die Explosivstoffe dieser Gruppe explodieren nicht in der Masse. Gegenstände explodieren bei einem Brand zunächst einzeln. Im Verlauf des Brands nimmt die Zahl der gleichzeitig explodierenden Gegenstände zu. Die Druckwirkung (Stoßwellen) der Explosionen ist auf die unmittelbare Umgebung beschränkt; an Bauwerken der Umgebung entstehen keine oder nur geringe Schäden. Die weitere Umgebung ist durch leichte Sprengstücke und durch Flugfeuer gefährdet. Fortgeschleuderte Gegenstände können beim Aufschlag explodieren und so Brände und Explosionen übertragen; bei starkmanteligen Gegenständen ist eine zusätzliche Gefährdung durch Sprengstücke vorhanden.

Gefährgruppe 1.3

Die Explosivstoffe dieser Gruppe explodieren nicht in der Masse. Sie brennen sehr heftig und unter starker Wärmeentwicklung ab, der Brand breitet sich rasch aus. Die Umgebung ist hauptsächlich durch Flammen, Wärmestrahlung und Flugfeuer gefährdet. Gegenstände können vereinzelt explodieren, einzelne brennende Packstücke und Gegenstände können fortgeschleudert werden. Die Gefährdung der Umgebung durch Sprengstücke ist gering. Die Bauten in der Umgebung sind im Allgemeinen durch Druckwirkung (Stoßwellen) nicht gefährdet.

Gefährgruppe 1.4

Die Explosivstoffe dieser Gruppe stellen keine bedeutsame Gefahr dar. Sie brennen ab, einzelne Gegenstände können auch explodieren. Die Auswirkungen sind weitgehend auf das Packstück beschränkt. Sprengstücke gefährlicher Größe und Flugweite entstehen nicht. Ein Brand ruft keine Explosion des gesamten Inhalts eines Packstücks hervor.

In anderen Rechtsbereichen, wie dem Gefahrguttransport- und dem Gefahrstoffrecht, gibt es zusätzlich die Unterklassen 1.5 und 1.6, die besonders unempfindliche Stoffe und Gegenstände beschreiben. Die Wirkungen der Stoffe und Gegenstände sind jedoch vergleichbar mit denen der Gefährgruppe 1.1 bzw. 1.2.

In den sicherheitstechnischen Regelwerken (z. B. im Sprengstoffrecht, berufsgenossenschaftliche Vorschriften), die im Wesentlichen wirkungsbasiert sind, werden deshalb nur Schutzmaßnahmen (betrifft insbesondere den tertiären und quartären Explosionsschutz) für die Gefährgruppen 1.1 bis 1.4 abgeleitet. Das heißt, im Herstellungsprozess werden lediglich die oben angeführten Gefährgruppen angewendet. Die sicherheitstechnische Bewertung bei der Herstellung erfolgt in Abhängigkeit der vier Gefährgruppen, wobei hinsichtlich des primären und sekundären Explosionsschutzes die verringerte Empfindlichkeit und Auslösewahrscheinlichkeit von Stoffen und Gegenständen der Unterklassen 1.5 und 1.6 berücksichtigt werden kann.

Aus der Gefährgruppe ergeben sich Sicherheitsanforderungen insbesondere hinsichtlich der Sicherheitsabstände.

Da die Wirkungen nicht nur stoffabhängig sind, sondern auch von der Art und Intensität der Beanspruchungen sowie von der Masse, den Einschlussbedingungen usw. beeinflusst werden, wird unterschieden zwischen

- Lagergruppen nach 2. Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV),
- Unterklassen der Klasse 1 nach UN-Empfehlungen zum Transport gefährlicher Güter und
- Gefährgruppen.

Lagergruppen und Unterklassen der Klasse 1

Die Zuordnung der Explosivstoffe zu Lagergruppen oder Unterklassen der Klasse 1 erfolgt nach vorgegebenen Prüfmethode und Kriterien. Die Prüfungen sollen die Belastungen der Explosivstoffe in der Versandverpackung bei der Lagerung bzw. beim Transport simulieren. Die Lagergruppenzuordnungen und Gefahrgutklassifizierung sind in Deutschland von der BAM vorzunehmen.

Gefährgruppenbestimmung

Für die Gefährgruppenbestimmung sind dagegen keine standardisierten Prüfungen vorgegeben. Die Gefährgru-

ppenbestimmung ist vom Unternehmer vorzunehmen. Maßgebend sind die Wirkungen der Explosivstoffe bei der Auslösung durch die möglichen Beanspruchungen im jeweiligen Arbeitsgang.

Zur Bestimmung sind praxisnahe Versuche durchzuführen, die den tatsächlichen Gegebenheiten und Beanspruchungen der Explosivstoffe am Arbeitsplatz entsprechen. Insbesondere sind z. B. Masse, Einschluss, Verdämmung, spezifische Verfahrensparameter, zu berücksichtigen. Da die Wirkung und die Auslösewahrscheinlichkeit u. a. von den unterschiedlichen betrieblichen und arbeitsplatzbezogenen Gegebenheiten abhängig sind, können die bei der Gefährgruppenbestimmung anzuwendenden Prüfmethoden hier nur beispielhaft angeführt werden.

Die für die Explosivstoffe in Versandverpackungen ermittelten oder festgelegten Lagergruppen nach der Zweiten Verordnung zum Sprengstoffgesetz, Unterklassen nach den Verordnungen zum Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter oder den Gefährklassen nach dem Versorgungsartikelkatalog der Bundeswehr können als Gefährgruppen übernommen werden, wenn denkbare ungewollte Reaktionen aufgrund möglicher Beanspruchungen während der Arbeitsgänge nicht anders sind als die für die Ermittlung der genannten Gruppen / Unterklassen angenommenen.

Besonderheiten bei pyrotechnischen Sätzen

Abbrandverhalten prüfen

Bei der Zuordnung zu den Gefährgruppen für pyrotechnische Sätze sollte zur Ermittlung der Wirkungen das Abbrandverhalten von Sätzen bei unterschiedlichen Einschlussbedingungen geprüft werden. Dabei kann der Abbrand in loser Schüttung, in lose verschlossenen Pappbehältern oder auch in verschlossenen Stahlrohren zur Bewertung herangezogen werden. Hierbei ist es sinnvoll, diese Untersuchungen mit unterschiedlichen Satzmassen bis hin zur tatsächlichen am Arbeitsplatz vorgesehenen Satzmasse durchzuführen. Bei den Abbrandversuchen in Pappbehältern sollte die Anzündung vorrangig am Boden gewählt werden. Ist eine Auslösung durch Detonationsstoß auszuschließen, sind z. B. Satzauslöser, Wärmekapseln, Stoppinen als geeignete Anzündmittel anzusehen. Das Verhalten von Sätzen gegenüber Detonationsstoß wird üblicherweise in 1"- bzw. 2"-Stahlrohren geprüft. Über die Fähigkeit eines Satzes, bereits in kleiner Menge unter Einschluss explodieren zu können, gibt der Stahlhülse-ntest Aufschluss.

Bestimmung der Auslösewahrscheinlichkeit

Zur Bestimmung von Auslösewahrscheinlichkeiten sollten vorrangig die Werte der Schlagempfindlichkeit (BAM-Fallhammer) und der Reibempfindlichkeit (BAM-Reibapparat) herangezogen werden. Zusätzlich wird empfohlen, Zersetzungstemperaturen (z. B. im Woodschen Metallbad, mittels kalorimetrischer Messmethoden (z. B. DTA, DSC) und die Auslösbarkeit durch Funken, Flammen (Schwarzpulveranzündschnur, Bunsenbrenner) beziehungsweise glühende Metallgegenstände (Stahlstab, Stahlchale) zu ermitteln.

Beanspruchung am Arbeitsplatz prüfen

Insbesondere dann, wenn die oben benannten Prüfungen die tatsächlichen Verhältnisse des Arbeitsplatzes, z. B. hinsichtlich Einschlussbedingungen, Maßstabeffekte, nur unzureichend widerspiegeln, ist eine Untersuchung in der vorgesehenen Apparatur/Vorrichtung unerlässlich.

Untersuchungen zur Bestimmung der Wirkung von pyrotechnischen Halberzeugnissen und Gegenständen sind ebenfalls arbeitsplatzbezogen durchzuführen. Diese können sein:

- Abbrennen in modifizierten Presswerkzeugen (Simulation der Auslösung beim Pressvorgang)
- Abbrand von Halberzeugnissen in offenen und geschlossenen Stellagen
- Abbrand von Halberzeugnissen oder Gegenständen mit offenen Anzündstellen in Bevorratungsmagazinen

Da sich in der Regel Sätze, Halberzeugnisse oder Gegenstände an mehreren Stellen im Arbeitsgang befinden oder bereitgehalten werden, sollten auch Übertragungsversuche durchgeführt werden.

Änderung der Gefährgruppe beachten

Während der Herstellung pyrotechnischer Sätze und Gegenstände ändern sich häufig die Gefährgruppen eines Satzes, Halberzeugnisses oder von Gegenständen in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen Zustand. Die Gefährgruppe wird durch verschiedene Parameter, z. B. Masse, Durchmischungsgrad, Feuchtigkeitsgehalt, Verdichtungsgrad und Konfektionierungszustand, bestimmt. Bei der Herstellung von Sätzen oder Baugruppen spielt außerdem die jeweilige Verdämmung (auch Eigenverdämmung) des Satzes eine entscheidende Rolle.

Die ermittelten Gefährgruppen sind in der Regel nicht identisch mit der Klassifizierung nach den Gefahrguttran-

sportvorschriften bzw. den Lagergruppen nach der 2. Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV), da diese nach anderen Prüfkriterien festgelegt werden und nicht die Gegebenheiten im jeweiligen Arbeitsgang berücksichtigen. Weitere Informationen stehen in der DGUV Regel 113-008 Pyrotechnik zur Verfügung.

3.6.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

Zur Verhinderung von Ereignissen finden in Betrieben Maßnahmen des primären, sekundären, tertiären und quartären Explosionsschutzes Anwendung.

Primärer Explosionsschutz

Hierunter fallen alle Maßnahmen, die den Explosivstoff direkt betreffen und dessen Empfindlichkeit gegen äußere Beanspruchung oder dessen Wirkung verringern oder ausschließen, z. B. durch Inertisierung oder Phlegmatisierung. Die Bedeutung dieser Schutzmaßnahme ist in der Explosivstoffindustrie eingeschränkt, da eine bestimmungsgemäße Wirkung der Explosivstoffe gewollt ist. Der primäre Explosionsschutz wird deshalb auch nicht näher betrachtet.

Sekundärer Explosionsschutz

Dem sekundären Explosionsschutz sind alle Maßnahmen zuzurechnen, die zur Verringerung der Beanspruchung des Explosivstoffs führen. Derartige Maßnahmen sind bei allen Arten des Umgangs zu treffen, insbesondere aber bei der Herstellung, Be- und Verarbeitung der Explosivstoffe. Arbeitsmaschinen müssen deshalb so beschaffen und aufgestellt sein, dass Explosivstoffe durch Wärme, Reibung, Schlag, Druckerhöhung oder elektrostatische Aufladung nicht entzündet werden. Insbesondere müssen/dürfen

- Werkstoffe verwendet werden, die zu keiner gefährlichen Funkenbildung neigen,
- keine Stoffe mit den Werkstoffen in Berührung gebracht werden, die zu chemischen Reaktionen führen können; zu diesen Stoffen zählen neben den Explosivstoffen z. B. auch Säuren, Vorprodukte, Zuschlagstoffe, Abfallprodukte im Verfahrensgang,
- Verschluss- und Befestigungsmittel z. B. Schrauben, Keile, Muttern, an äußeren und inneren beweglichen Teilen der Arbeitsmaschinen gegen Lockern gesichert sein,
- selbsttätig wirkende Vorrichtungen vorhanden sein, die bei erhöhtem Widerstand oder Hemmungen die Maschinen sofort stillsetzen,
- Lager und sonstige sich reibende Maschinenteile, Oberflächen von Trögen und dergleichen leicht zu reinigen sein,
- Hohlwellen und sonstige unzugängliche Räume vermieden oder das Eindringen von Explosivstoffen verhindert werden,
- Dichtungsstoffe, Filtermaterialien, Schmieröle so beschaffen sein, dass sie Explosivstoffe nicht in gefährlicher Weise aufnehmen oder mit ihnen reagieren,
- Explosivstoffablagerungen leicht erkennbar sein,
- zündfähige elektrostatische Aufladungen verhindert werden oder es müssen Einrichtungen zum Ableiten dieser Aufladungen vorhanden sein,
- zur Abwendung gefährlicher Betriebszustände Grenzwerte durch entsprechende Regel- oder Steuereinrichtungen eingehalten werden,
- die festgelegten stoff- und verfahrensspezifischen Höchsttemperaturen bei der Verwendung von Wärmeträgern zum Beheizen von Explosivstoff kontrolliert werden,
- Knet-, Misch- und Mengmaschinen sowie Zentrifugen für Explosivstoffe so eingerichtet sein, dass bei einer Entzündung des Inhalts eine Druckentlastung schon bei möglichst niedrigem Druck eintritt,
- heiße Oberflächen von Verfahreneinrichtungen oder ihren Zu- und Abführungsleitungen so ausgerüstet oder verlegt werden, dass Explosivstoffe nicht unzulässig erwärmt werden,
- Können die Anforderungen nicht eingehalten werden, müssen die Arbeitsmaschinen so eingerichtet sein, dass sie "unter Sicherheit" betrieben werden können

Tertiärer Explosionsschutz

Der tertiäre Explosionsschutz betrifft die Umgebung von Explosivstoffen. Die Bauweisen der Räume und Gebäude sowie die Ausführung der wichtigsten Bauteile sind so zu gestalten, dass sie den Anforderungen spezieller Vorschriften entsprechen. Die wichtigsten Elemente des baulichen Explosionsschutzes werden nachfolgend beschrieben.

Einräumige Gebäude mit Explosions- oder Brandgefahr

- einräumige Gebäude in leichter Bauart
Als Baustoffe dürfen nur verwendet werden: Leichtbeton, Holz, Pressplatten, Strohpressplatten, Gipsplatten,

Gasbetonplatten, Folien und andere Baustoffe, die bei einer Explosion im Gebäude keine schwereren Wurfstücke bilden als die genannten Baustoffe.

– einräumige Gebäude in Ausblasebauart mit leichter Dachausführung

Die Gebäude müssen eine oder zwei Ausblasewände sowie ein leichtes Dach haben. Die übrigen Wände müssen abhängig von der Belegungsart mit Explosivstoff so gestaltet sein, dass in Verbindung mit den Sicherheitsabständen der Schutz von Personen gewährleistet ist.

– einräumige Gebäude in Ausblasebauart mit schwerer Dachausführung

Die Gebäude müssen eine oder zwei Ausblasewände und ein schweres Dach haben. Die übrigen Wände müssen abhängig von der Belegungsart mit Explosivstoff so gestaltet sein, dass in Verbindung mit den Sicherheitsabständen der Schutz von Personen gewährleistet ist. Das schwere Dach muss abhängig von der Belegungsart mit Explosivstoff so gestaltet sein, dass die Umgebung weder durch Feuer oder Flammenwirkung noch durch schwere Wurfstücke gefährdet ist. Das Dach muss zur Ausblasefläche um mindestens 15° ansteigen. Ausgenommen hiervon ist die Belegung mit sich detonativ umsetzenden Explosivstoffen.

– einräumige Gebäude in erdüberdeckter Bauart

Die Gebäude in erdüberdeckter Bauart sind mit Ausnahme des Zugangs oder der Ausblasefläche mit Erdschutt einzudecken. Das Schüttgut darf keine größeren Steine (über Faustgröße) enthalten und muss über der Decke mindestens 60 cm hoch sein. Die Böschungen müssen dem natürlichen Böschungswinkel des Schüttguts entsprechen. An Zugängen oder Ausblaseflächen sind Flügelwände zu errichten.

– einräumige Gebäude mit Brandgefahr

Einräumige Gebäude mit Brandgefahr müssen bis auf die Ausblaseflächen mindestens der Feuerwiderstandsklasse F 30 entsprechen.

Alle Bauteile mit Ausnahme der Ausblaseflächen müssen den Beanspruchungen von innen standhalten.

Dacheindeckungen müssen gegen Flugfeuer und strahlende Wärme widerstandsfähig sein.

Mehrräumige Gebäude mit Explosions- oder Brandgefahr

Werden die vorstehend beschriebenen Gebäude mit mehreren Räumen ausgeführt, müssen die Trennwände zwischen den Räumen abhängig von

- den auszuführenden Tätigkeiten,
- den Explosivstoffarten, -massen und Wirkungen und
- der Anwesenheit von Beschäftigten

so ausgeführt sein, dass sie im Falle eines Ereignisses die Übertragung auf die Nachbarräume verhindern. Werden in den einzelnen Räumen Tätigkeiten ausgeführt, für die in den speziellen Vorschriften Einzelgebäude gefordert werden oder die "unter Sicherheit" durchzuführen sind, sind die Trennwände als Widerstandswände auszuführen oder Pufferräumen einzurichten.

Bauteile

Widerstandswände

Die Standfestigkeit von Widerstandswänden ist entsprechend der im Fall einer Explosion zu erwartender Belastung zu gewährleisten. Bei der Auslegung der Widerstandswände ist nur die Nettoexplosivstoffmasse zugrunde zu legen, die gleichzeitig zur Explosion kommen kann. Die Standfestigkeit ist unter Annahme der ungünstigsten dynamischen Belastungen zu berechnen.

Verschlüsse von Durchreicheöffnungen und Türen in Widerstandswänden müssen genügend widerstandsfähig und so ausgeführt sein, dass sie bei einer Explosion im Raum nicht durch die Öffnung gedrückt werden können.

Durchreicheöffnungen müssen zwangsweise verschließbar eingerichtet sein.

Betriebsbedingte Durchbrüche in Widerstandswänden (z. B. Kabelschächte) müssen so verschlossen sein, dass die Schutzwirkung der Widerstandswände erhalten bleibt.

Ausblaseflächen

Für die Ausblaseflächen sind Materialien zu verwenden, die keine schweren Wurfstücke bilden können. In Gebäuden und Räumen mit Explosivstoff sind genügend große Ausblaseflächen, z. B. Ausblasewände, Fensterflächen, Abzugsöffnungen, vorzusehen, damit kein gefährlicher Druckaufbau bei der deflagrativen Umsetzung des Explosivstoffs auftreten kann.

Fenster

Fenster, die der Sonnenseite zugekehrt sind, sind mit Blendschutz zu versehen, wenn nach Art der Explosivstoffe durch Sonneneinstrahlung eine zusätzliche Gefahr entsteht.

Fenster, an denen sich Explosivstoffe absetzen können, sind so auszuführen, dass Stahl nicht auf Stahl reibt oder schlägt.

Splitter von Glasfenstern können zu gefährlichen Verletzungen führen. Es ist deshalb zweckmäßig, Glasfenster auf die unbedingt notwendige Anzahl und Größe zu beschränken. Als Verglasung haben sich z. B. Folien, Scheiben aus Kunststoff, Doppelverglasung aus Verbund-Sicherheitsglas (6 mm) und Polycarbonat- Scheiben (5 mm) mit einem an der Fensterlaibung angebrachten Fangstab bewährt.

Fußböden

In Räumen mit solchen Explosivstoffen, die durch elektrostatischen Ladungsausgleich gezündet werden können, muss der Fußboden ausreichend leitfähig sein. Der Fußboden in Räumen mit offenem Explosivstoff muss eine undurchlässige, ebene und fugenlose Oberfläche haben.

Schutzwälle

Schutzwälle müssen den Dachfirst des zugeordneten Gebäudes um mindestens 1,00 m überragen; die Kronenbreite muss mindestens 0,50 m betragen. Der Abstand des Schutzwalls von der Außenwand des Gebäudes darf im Regelfall 2,00 m sein, um den Zugang zum Gebäude und die Instandhaltung von Gebäude und Schutzwall zu gewährleisten.

Erdschutzwände, Schutzmauern, sonstige Schutzwände

Erdschutzwände müssen mindestens 1,00 m dick und so hoch wie Schutzwälle sein. Das Erdreich ist durch Schalen abzustützen. Schutzmauern und sonstige Schutzwände müssen die gleiche Schutzwirkung wie Schutzwälle haben. Sie sind sicher im Erdreich zu verankern.

Einrichtungen

Raumheizung

Die Oberflächentemperatur von Heizkörpern und -leitungen darf einen Höchstwert von 120 °C nicht überschreiten. In Räumen mit Warmluftheizung ist Kondensation gefährlicher Dämpfe zu verhindern, indem diese mit einem ausreichenden Anteil vorgewärmter Frischluft betrieben werden. Die Heizkörper müssen eine glatte Oberfläche haben und sich allseitig reinigen lassen. Heizkörper dürfen nicht an Ausblaseflächen angebracht sein.

Elektrische Anlagen und ihre Betriebsmittel

Elektrische Anlagen und ihre Betriebsmittel in Räumen mit Explosivstoff müssen den allgemein anerkannten Regeln der Elektrotechnik entsprechen. Neben den allgemeinen Bestimmungen ist insbesondere die DIN V VDE V 0166 "Errichten elektrischer Anlagen in Bereichen, die durch Stoffe mit explosiven Eigenschaften gefährdet sind" zu berücksichtigen.

Blitzschutz

Es muss für einen ausreichenden Blitzschutz gesorgt sein.

Lüftungen

Es muss eine ausreichende Belüftung der Räumlichkeiten vorhanden sein. Dabei müssen die Anlagen so beschaffen sein, dass Stäube oder Dämpfe der Explosivstoffe nicht in die Motoren gelangen können. Die auftretenden Temperaturen der Lüftungsanlagen müssen unterhalb der Entzündungs-, bzw. Zersetzungstemperatur liegen. Es dürfen sich in den Rohrleitungen keine gefährlichen Ablagerungen bilden, außerdem sollten alle Rohrleitungen möglichst gradlinig geführt werden.

Fahrzeuge

Beim Umgang mit Explosivstoffen dürfen nur geschützte oder explosivstoffgeschützte Fahrzeuge verwendet werden. Hierbei gilt neben der allgemeinen Vorschrift auch insbesondere die DGUV Regel 113-006 "Einsatz von Fahrzeugen in Explosivstoffbetrieben".

Quartärer Explosionsschutz

Einhaltung von Schutz- und Sicherheitsabständen

Die Schutzmaßnahmen betreffen die Einhaltung von gesetzlich vorgegebenen Schutz- und Sicherheitsabständen zwischen möglichen Donatoren und Akzeptoren. Der quartäre Explosionsschutz ist ein defensives Schutzprinzip oder Vorsorgeprinzip für den mit absoluter Sicherheit nicht auszuschließenden Fall einer ungewollten Explosivstoffumsetzung zur Minimierung der Explosionswirkungen.

Die Beachtung der massenbezogenen Schutzabstände gewährleistet den gesetzlichen Schutz der Öffentlichkeit. Die Beachtung der massenbezogenen, von der jeweiligen Bauweise der Einzelanlagen abhängigen Sicherheitsabstände gewährleistet den gesetzlichen Schutz der innerbetrieblichen Anlagen und der Beschäftigten.

Schutzabstände

Gebäude und Plätze mit Explosivstoff müssen zu Wohnbereichen und Verkehrswegen in Abhängigkeit von der

- Lager-/Gefahrgruppe und
- Nettoexplosivstoffmasse (NEM)

einen ausreichenden Schutzabstand einhalten.

Schutzabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/ Gefahrgruppe 1.1

- zu Wohnbereichen sind nach der Formel $E = 22 \times M^{1/3}$ zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist jedoch ein Mindestabstand von 275 m einzuhalten.
- zu Verkehrswegen sind nach der Formel $E = 15 \times M^{1/3}$ zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist jedoch ein Mindestabstand von 180 m einzuhalten.

Schutzabstände der gefährlichen Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1.2

- zu Wohnbereichen sind nach der Formel $E = 58 \times M^{1/6}$ zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist der Schutzabstand nach der Formel $E = 76 \times M^{1/6}$ zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 90 m bzw. 135 m einzuhalten.
- zu Verkehrswegen sind nach der Formel $E = 39 \times M^{1/6}$ zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist der Schutzabstand nach der Formel $E = 51 \times M^{1/6}$ zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 60 m bzw. 90 m einzuhalten.

Schutzabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/ Gefahrgruppe 1.3

- zu Wohnbereichen sind nach der Formel $E = 6,4 \times M^{1/3}$ zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 60 m einzuhalten.
- zu außerbetrieblichen Verkehrswegen sind nach der Formel $E = 4,3 \times M^{1/3}$ zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 40 m einzuhalten.

Schutzabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/ Gefahrgruppe 1.4

Für Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1.4 ist bei einer Nettoexplosivstoffmasse (NEM) über 100 kg ein Schutzabstand zu Wohnbereichen und zu außerbetrieblichen Verkehrswegen, unabhängig von der NEM, von mindestens 25 m einzuhalten.

Sicherheitsabstände

Die Gebäude und Plätze mit Explosivstoff müssen in Abhängigkeit von der

- Gefahrgruppe,
- Nettoexplosivstoffmasse (NEM),
- Lage, Anordnung und Bauart sowie
- Nutzungsart

zu anderen Gebäuden und Plätzen mit Explosivstoff oder mit ständigen Arbeitsplätzen einen ausreichenden Sicherheitsabstand einhalten.

- Die Sicherheitsabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/ Gefahrgruppen 1.1 und 1.3 sind nach der Formel $E = k \times M^{1/3}$ zu berechnen.
- Die k-Werte sind den einschlägigen Vorschriften zu entnehmen.
- Für Gebäude mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1.2 sind Mindestabstände einzuhalten. Die Mindestabstände sind den einschlägigen Vorschriften zu entnehmen.

- Die Sicherheitsabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Gefahrgruppe 1.4 betragen mindestens 10 m.

Spreng- und Brandplätze müssen zu Wohnbereichen, außerbetrieblichen Verkehrswegen und Betriebsgebäuden in Abhängigkeit von ihrer Nettoexplosivstoffmasse (NEM) und Bauart einen ausreichenden Schutz- und Sicherheitsabstand einhalten. Die Schutz- und Sicherheitsabstände für Spreng- und Brandplätze sind nach der Formel $E = k \times M^{1/3}$ zu berechnen. Die k-Werte sind den einschlägigen Vorschriften (u. a. DGUV Regel 113-003) zu entnehmen.

Brandschutzbereiche

In einem Abstand von 25 m vom Explosivstoff dürfen keine brennbaren Materialien und keine anderen Gefahrstoffe mit den Gefahrenpiktogrammen GHS02: Flamme und GHS03: Flamme über einem Kreis gelagert werden. Die Brandschutzbereiche müssen entsprechend gekennzeichnet werden. Innerhalb der Brandschutzbereiche darf nicht geraucht werden sowie kein offenes Licht und kein offenes Feuer verwendet werden.

* E: kürzester Abstand zwischen Gebäuden/Plätzen in Metern,

k: Konstante, die von den Gefahrgruppen, den Bauarten, den Schutzeinrichtungen und der Nutzung des Donators und des Akzeptors abhängig ist,

M: anzurechnende Nettoexplosivstoffmasse (NEM) in Kilogramm

3.6.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

www.gesetze-im-internet.de; <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Sprengstoffgesetz (SprengG)
- Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1. SprengV)
- Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV)
- Technische Regel zum Sprengstoffrecht Sprengarbeiten (SprengTR 310 – Sprengarbeiten)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

www.baua.de

- TRGS 511 "Ammoniumnitrat"
- TRGS 727 "Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen"

Weitere Regeln der Technik

<https://www.dinmedia.de>

- DIN V VDE V 0166: Errichten elektrischer Anlagen in Bereichen, die durch Stoffe mit explosiven Eigenschaften gefährdet sind
- [SprengLR 210](#): Sprengstofflager-Richtlinien Bauweise und Einrichtung der Lager für Sprengstoffe und Zündmittel
- [SprengLR 220](#): Sprengstofflager-Richtlinien Bauweise und Einrichtung der Lager für pyrotechnische Sätze und Gegenstände
- DGVV Regel 113-017: Tätigkeiten mit Explosivstoffen
- DGVV Regel 113-016: Sprengarbeiten
- DGVV Regel 113-003: Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Zerlegen von Gegenständen mit Explosivstoff oder beim Vernichten von Explosivstoff oder Gegenständen mit Explosivstoff (Explosivstoff-, Zerlege- oder Vernichteregeln)
- DGVV Regel 113-006: Einsatz von Fahrzeugen in Explosivstoffbetrieben
- DGVV Regel 113-008: Pyrotechnik
- BAM EX/2014/2: Leitfaden der BAM Leitfaden zum Herstellen von Explosivstoffen und pyrotechnischen Gegenständen
- NATO Standard AASTP-01 NATO Guidelines for the storage of military ammunition and explosives; Edition C, Version 1, March 2023, (<https://nso.nato.int/nso/home/main/home>)

Geltendes EU-Recht

- [2014/28/EU](#): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung auf dem Markt und die Kontrolle von Explosivstoffen für zivile Zwecke
- [2013/29/EG](#): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung pyrotechnischer Gegenstände auf dem Markt
- [VO \(EG\) Nr. 440/2008](#): Verordnung der Kommission zur Festlegung von Prüfmethode gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)

Literatur

- [1] MEYER R.; KÖHLER, J.; HOMBURG, A.: Explosivstoffe. 10. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2008, Verlag Wiley-VCH
- [2] URBANSKI, T.: Chemie und Technologie der Spreng- und Explosivstoffe. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1961–1964 (3 Bände); Erweiterte englische Auflage: Chemistry and Technology of Explosives Pergamon Press, Oxford 1964-1967, 1984 (4 Bände)
- [3] STEIDINGER, M.: Mustersicherheitsanalyse nach § 7 StörfallV für eine Sprengstofffabrik. Berlin: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung 1991

[4] FEDOROFF, B. T.; Kaye S. M.: Encyclopedia of Explosives and related items. Vol. 1-10. Dover: Picatinny Arsenal
1960–1983

3.6.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Wie empfindlich ist der Explosivstoff gegenüber thermischer, mechanischer und elektrostatischer Einwirkung?
- Welchen Beanspruchungen ist der Explosivstoff am jeweiligen Arbeitsplatz ausgesetzt?
- Mit welchen Zündquellen ist zu rechnen?
- Befindet sich der Explosivstoff im Einschluss oder wird er verdammt?
- Detoniert oder deflagriert der Stoff?
- Welche Nettoexplosivstoffmasse (NEM) ist an den einzelnen Arbeitsplätzen vorhanden?
- Mit welcher Luftstoßwirkung ist im Fall einer Umsetzung zu rechnen?
- Mit welcher thermischen Wirkung ist zu rechnen?
- Mit welcher Wurf- und Sprengstückwirkung ist zu rechnen?
- Welcher Gefährdungsgruppe wird der Explosivstoff im jeweiligen Arbeitsschritt zugeordnet?
- Sind weitere Prüfungen für diese Zuordnung notwendig?
- In welche Lagergruppe ist der Stoff eingeordnet?
- Welche Konsequenzen auf Lagerung, Umgang, Verpackung ergeben sich daraus?
- Werden alle aufgeführten Maßnahmen zum sekundären Explosionsschutz umgesetzt?
- Muss zum Schutz der Beschäftigten "unter Sicherheit" gearbeitet werden?
- Welche Abstände bestehen zu Gebäuden und Plätzen mit Explosivstoff und/oder ständigen Arbeitsplätzen?
- Sind die Gebäude in geeigneter Bauart errichtet?
- Gibt es geeignete bauliche Schutzmaßnahmen wie Widerstandswände, Ausblaseflächen, Erdüberdeckung, Schutzwälle, Schutzwände?
- Werden die Sicherheits- und Schutzabstände eingehalten?
- Sind die technischen Einrichtungen in den Gebäuden, wie Heizungen und elektrische Anlagen, geeignet?
- Besteht eine ausreichende und geeignete Lüftung?
- Besteht ein ausreichender und geeigneter Blitzschutz?
- Sind vorhandene Fahrzeuge explosivstoffgeschützt?
- Gibt es Untersuchungen zur Toxikologie?
- Sind Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) oder maximale Arbeitsplatzkonzentrationen bekannt (MAK)?
- Sind Sicherheitsdatenblätter für den Stoff vorhanden?
- Gibt es Untersuchungen zur Schwadenbildung?
- Welche Arbeitsschutzmaßnahmen resultieren aus den toxikologischen Kenndaten?

3.6.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dr.-Ing. Joachim Otto
- Dr. rer. nat. Moana Nolde
- Dr. rer. nat. Silke Schwarz
- Dr. sc. nat. Dietrich Eckhardt

Ansprechpartnerin

- Fachbereich 2.4 - Prüfung und Bewertung von Explosivstoffen/Pyrotechnik
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Kontakt

Impressum

Zitiervorschlag:

Marlies Kittelmann, Lars Adolph, Alexandra Michel, Rolf Packroff, Martin Schütte, Sabine Sommer, (Hrsg.), (2023).

Handbuch Gefährdungsbeurteilung

Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

DOI: 10.21934/baua:fachbuch20230531

[Bitte Zugriffsdatum einfügen]

Verfügbar unter: www.baua.de/gefaehrungsbeurteilung

Fachliche Herausgeber:

Marlies Kittelmann, Lars Adolph, Alexandra Michel, Rolf Packroff, Martin Schütte, Sabine Sommer

Herausgeber:

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)

Friedrich-Henkel-Weg 1 –25, 44149 Dortmund

Postanschrift: Postfach 17 02 02, 44061 Dortmund

Telefon: 0231 9071-2071

Telefax: 0231 9071-2070

E-Mail: info-zentrum@baua.bund.de

Internet: www.baua.de

Redaktion: Strategische Kommunikation und Kooperation, BAuA

Gestaltung: Susanne Gaul, BAuA; eckedesign, Berlin

Fotos: Uwe Völkner, Fotoagentur FOX, Lindlar/Köln; Kapitel „Biostoffe“: Nancy Heubach, BAuA

Diese Handlungshilfe benutzt eine geschlechtergerechte Sprache. Dort, wo das nicht möglich ist oder die Lesbarkeit stark eingeschränkt würde, gelten die gewählten personenbezogenen Bezeichnungen für beide Geschlechter.

Alle Urheberrechte bleiben vorbehalten. Die auf der Website der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin hinterlegten Datenbankinhalte, Texte, Grafiken, Bildmaterialien, Ton-, Video- und Animationsdateien sowie die zum Download bereitgestellten Publikationen sind urheberrechtlich geschützt. Wir behalten uns ausdrücklich alle Veröffentlichungs-, Vervielfältigungs-, Bearbeitungs und Verwertungsrechte an den Inhalten vor.

Die Inhalte dieser Handlungshilfe wurden mit größter Sorgfalt erstellt und entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die BAuA jedoch keine Gewähr.

Nachdruck und sonstige Wiedergabe sowie Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.