Sicherheit für Mensch und Umwelt

Chromate am Arbeitsplatz durch Verwendung (erd-)alkalimetalloxidhaltiger Wärmedämmungen

Substituieren, um Leben zu schützen

von Markus Sommer

Olesnica, Dezember 2024

Version 1.1 · November 2026

Vorwort

Die vorliegende Ausarbeitung widmet sich einem hochaktuellen und brisanten Thema: der **Entstehung** und den **Auswirkungen** von **Chrom(VI)-Verbindungen am Arbeitsplatz** durch die **Verwendung (erd-)alkalimetalloxidhaltiger Wärmedämmungen**.

Sie richtet sich an alle Verantwortlichen in der Industrie, im Arbeitsschutz sowie in der Forschung und Entwicklung.

Ziel ist es, bestehende Missverständnisse auszuräumen und den Weg zu langfristigen Lösungen aufzuzeigen.

Ein weit verbreitetes Missverständnis betrifft den Arbeitsplatzgrenzwert, der häufig irrtümlich als eine Art sichere Schwelle wahrgenommen wird.

Tatsächlich besteht für Chrom(VI)-Verbindungen, wie für alle krebserregenden Stoffe, kein toxikologischer Schwellenwert, unterhalb dessen eine Gefährdung ausgeschlossen werden kann.

Daher ist es unabdingbar, jede mögliche Exposition so weit wie technisch und organisatorisch machbar zu minimieren.

Ein weiteres Missverständnis betrifft die Schutzmaßnahmen.

Persönliche Schutzausrüstung, wie Schutzanzüge oder Atemschutz, darf niemals als alleinige oder langfristige Lösung angesehen werden. Sie kann nur eine Übergangslösung darstellen, während nachhaltigere Ansätze entwickelt und umgesetzt werden.

Im Zentrum aller Bemühungen steht **die Substitution gefährlicher Stoffe**, die nicht nur **eine regulatorische Verpflichtung** ist, sondern auch **das ultimative Ziel**, um **die Exposition gegenüber Chromaten dauerhaft zu verhindern**.

Obwohl dieser Weg komplex und mit Herausforderungen verbunden ist, **bleibt er der einzige wirklich nachhaltige Ansatz**.

Substitution ist jedoch ein Prozess, der nicht von heute auf morgen umgesetzt werden kann. Kurzfristige Maßnahmen, wie die Neutralisierung oder technische Schutzlösungen, müssen daher parallel vorangetrieben werden, ohne das Endziel aus den Augen zu verlieren.

Diese Publikation möchte ein Bewusstsein für die bestehenden Herausforderungen schaffen, aber auch Lösungen aufzeigen, wie durch **konsequente Umsetzung des STOP-Prinzips (Substitution, Technische, Organisatorische und Persönliche Schutzmaßnahmen)** sowohl **die Gesundheit der Beschäftigten** als auch **die Umwelt nachhaltig geschützt werden können**.

Mit diesem Vorwort laden wir Sie ein, sich kritisch mit den vorgestellten Erkenntnissen und Handlungsempfehlungen auseinanderzusetzen und gemeinsam daran zu arbeiten, eine sichere, nachhaltige und verantwortungsvolle Arbeitsumgebung zu schaffen.

Olesnica, im Dezember 2024

Markus Sommer
Die Chromatexperten



Einleitung

Die Geschichte industrieller Isolierungen ist geprägt von Innovationen, aber auch von Fehlern, deren Konsequenzen oft erst Jahre später deutlich wurden.

Nachdem Asbestisolierungen als krebserregend erkannt und schließlich verboten wurde, galten Ersatzprodukte wie Mineralfasern, Glasgewebe und Calcium-Silikat-Produkte lange als unbedenklich.

Aktuelle Erkenntnisse und Warnungen zeigen jedoch, dass diese Annahme falsch ist.

Hochtemperaturdämmstoffe, die (Erd-)alkalimetalloxide wie Calciumoxid oder Natriumoxid enthalten, können in thermochemischen Reaktionen mit Chrom(III)-Verbindungen, die in Edelstahllegierungen oder eingearbeiteten Edelstahlverstärkungen enthalten sind, **krebserregende und chronisch umweltschädliche Chrom(VI)-Verbindungen (Chromate) bilden**, hierzu zählen insbesondere **Calcium-** und/oder **Natriumchromat**.

Besonders betroffen sind Hochtemperaturisolierungen von so genannten **Blockheizkraftwerksmotoren** oder andere **energieerzeugende Aggregate**, sowie deren Zu- und Abläufe, aber auch **Komponenten der Abgasnachbehandlung** von **Verbrennungsmotoren**.

Hiervon ist zwangsläufig auch die **Automobilindustrie** betroffen, denn fast alle wärmegedämmten fahrzeugeigene Heißteile weisen Chromanteile auf und sind sauerstoffoffen mit (erd-) alkalimetalloxidhaltigen Dämmungen ummantelt und die Dauertemperatur liegt in den Temperaturbereichen, in denen die Hochoxidation von insbesondere dreiwertigen Chrom-Verbindungen zu sechswertigen Chromverbindungen erfolgen kann (300-800°C).

Auch in **Kraftwerken** oder **Müllverbrennungsanlagen** sind **Gas-** oder **Dampfturbinen** mit den benannten Dämmstoffen versehen.

Das Problem der Chromat Entstehung besteht somit **weltweit** und schließt **Transportfahrzeuge** genauso mit ein, wie den **Schiffs- oder Bahnverkehr**, sofern der Antrieb mit **Verbrennungsmotoren** erfolgt.

Diese Ausarbeitung behandelt sowohl die Grundlagen der thermochemischen **Entstehung von Chrom(VI)-Verbindungen, belegt diese** mit technischen oder **wissenschaftlichen Studien** der letzten Jahre, beschreibt gesundheitliche Schäden durch dermalen und inhalativen Kontakt mit Chrom(VI) und geht dann auf die **arbeits- und umweltschutztechnischen Bewertungen** auf Basis der **Direktive 2004/37/EG** ein, die in Deutschland u.a. auf Basis der deutschen **Gefahrstoffverordnung** (GefStoffV) und den damit verbundenen **Technischen Regeln für Gefahrstoffe** (TRGS) umgesetzt wird (für UK: **COSHH** „Control of Substances Hazardous to Health").

Alle verwendeten Quellen entsprechen dem neuesten Stand und sind bei den folgenden Behörden und Institutionen direkt abrufbar:

EU: UK:

1. Warnmeldungen von Herstellern und Behörden (Auszug)

Die Dringlichkeit dieses Themas wird durch eine Reihe von Warnmeldungen führender Unternehmen und Institutionen unterstrichen:

- **Innio Jenbacher Ges. mbH & Co. Jenbach, Österreich**
  Technische Anweisung TA 2300-0025 vom 31.10.2023

  „...Chrom-6 (Chrom in der Oxidationsstufe 6, kurz Cr-6) bildet sich aus chromhaltigen Stählen in Gegenwart von Kalzium (z.B. aus dem Isolationsmaterial) und Sauerstoff bei Temperaturen über 400 °C. ...

  Cr-6 kann ... als gelbliches Pulver auf den betreffenden Motorenteilen oder im Isolationsmaterial gefunden werden. Cr-6 liegt in Form eines nicht flüchtigen Pulvers vor.

  Um die Belastung der Atemluft möglichst gering zu halten, müssen die in dieser Anweisung beschriebenen Arbeitsweisen genau eingehalten werden (z.B. das Aufwirbeln von Stäuben bei Arbeiten mit gebrauchtem Isolationsmaterial muss unbedingt verhindert werden)."

- **MAN Trucks & Bus SE, Augsburg, Deutschland**
  Technische Information Service-Mitteilung 8339SM vom 13.12.2023

  „...Unter bestimmten Bedingungen kann während des Betriebs Calciumchromat CaCrO4 aus vorhandenen Komponenten entstehen. Diese sind:

  - Chromhaltige Stähle (z.B. an Abgasanlagen) in Kontakt mit
  - calciumhaltigen Verbindungen (z.B. in Isoliermatten oder Montagepasten)
  - bei Temperaturen > 300°C und bei Vorhandensein von Sauerstoff

  Aufgrund dieser Voraussetzungen ist mit dem Auftreten von Chrom(VI)-Verbindungen
  bevorzugt an – aber nicht begrenzt auf – Komponenten im Bereich des Abgastrakts oder der Abgasnachbehandlung zu rechnen.

  Insbesondere bei Arbeiten an diesen Komponenten im Rahmen von Reparatur oder Wartung sind hier geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen."

- **BG ETEM**
  Fachinformation vom 10.03.2023
  Mögliche Chrom(VI)-Exposition durch den Kontakt chromlegierter Stähle mit alkali- und erdalkalimetallhaltigen Materialien in Kraftwerken Chrom(VI)

  Problemstellung:

  Durch den Kontakt chromlegierter Stähle mit alkali- und erdalkalimetallhaltigen (Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium) Mineralwolldämmstoffen oder Montagepasten kommt es, bei Temperaturen zwischen ca. 350 – 800 °C zu einer Bildung von krebserzeugenden Chromaten (Chrom(VI)-Verbindungen).

  Gefährdung:

  Diese krebserzeugenden Chrom(VI)-Verbindungen (Kategorie 1B) können atemwegsirritierend und hautsensibilisierend wirken. Bei akuten Hautverletzungen können einige Chrom(VI)-Verbindungen nach einem Kontakt zu schweren Hautgeschwüren führen. Eine mögliche Gefährdung der Arbeitnehmer kann daher sowohl inhalativ, über die Luft am Arbeitsplatz als auch dermal, über den direkten Kontakt mit der Haut bestehen.

  Betroffen sein können z. B. Kraftwerke (Kohlekraftwerke, Holzhackschnitzelkraftwerke, Gas- und Biomassekraftwerke, Blockheizkraftwerke und Heizwerke), Müllverbrennungsanlagen und chemietechnische Industrie-Anlagen aber auch Industrieöfen sowie Teile von stationären Notstromaggregaten. Betont die Notwendigkeit, calciumhaltige Materialien zu vermeiden, um die Bildung krebserregender Chromate zu verhindern.

Weitere Warnmeldungen von Motorenherstellern, wie z. B. von Zeppelin Power Systems (CAT) oder Landesverbänden finden Sie im Literaturverzeichnis

2. Chemische Grundlagen der Chromatbildung

2.1 Experimentelle Bestätigungen und chemische Hintergründe

Die Bildung von Chrom(VI)-Verbindungen wie Calciumchromat ($CaCrO_4$) und Natriumchromat (Na_2CrO_4) erfolgt unter spezifischen thermodynamischen Bedingungen.

Die Bildung von Chromaten erfolgt durch die Oxidation von Chrom(III)-Verbindungen in Gegenwart von Calciumoxid bzw. Natriumoxid und Sauerstoff:

- **Oxidation von Chrom**:

Chrom in der Legierung von Edelstählen wird bei hohen Temperaturen durch Sauerstoff zu Chrom(III)-Oxid (Cr_2O_3) oxidiert:

$$4Cr + 3O_2 \longrightarrow 2\,Cr_2O_3$$

- **Bildung von Calciumchromat**:

Die Chrom(III)-Verbindungen reagieren thermochemisch bei hohen Temperaturen zu Calciumchromat:

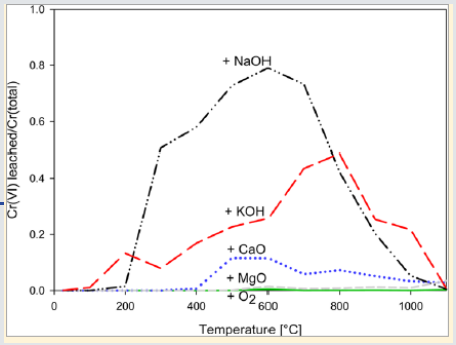
$$2Cr^{3+} + 3CaO + 3/2\,O_2 \longrightarrow 2\,CaCrO_4$$

- **Bildung von Natriumchromat:**

Die Chrom(III)-Verbindungen reagieren thermochemisch bei höheren Temperaturen zu Natriumchromat:

$$2Cr^{3+} + 3Na_2O + 3/2\,O_2 \longrightarrow 2Na_2CrO_4$$

Besonders im Temperaturbereich von 300–800 °C fördern oxidierende Umgebungen diese Reaktionen.



2.2 Naturwissenschaftliche Erkenntnisse und industrielle Forschung

- **Die Studie**

„The formation mechanism and thermal stability of $CaCrO_4$"

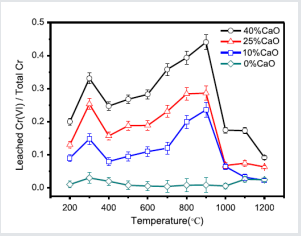
belegt, dass Calciumchromat sich bei Temperaturen ab ca. **300 °C** bildet und oberhalb von **800 °C** thermisch stabil bleibt; diese Stabilität macht es besonders problematisch, da die Verbindung in der Arbeitsumgebung persistent bleibt.

Quelle: Yingjiang Wu et al. 2020, IOP Conf. Ser.: Earth Eviron. Sci. 514052024

- **Die Studie**

„The role of temperature on Cr (VI) formation during heating of Cr in the presence of CaO"

zeigt auf, dass die Bildung von Chrom(VI)-Verbindungen direkt proportional zur Temperatur und zum Sauerstoffgehalt ist; hohe Temperaturen und eine oxidierende Atmosphäre sind die Haupttreiber der Reaktion.



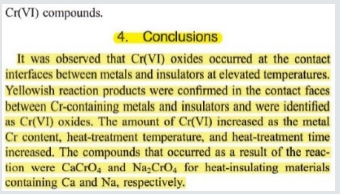
Quelle: Mao et al. 2015, 0045-6535, Chemosphere 138 (2015) 197-204

2.3 industrielle Forschung

- **Die Studie**

„The formation of Cr (VI) compounds at the interface between metal and heat-insulating material"

untersucht die Bildung von Chrom(VI)-Verbindungen an der Kontaktfläche zwischen chromhaltigen Metallen und wärmedämmenden Materialien bei erhöhten Temperaturen.


Cr(VI) compounds.

4. Conclusions

It was observed that Cr(VI) oxides occurred at the contact interfaces between metals and insulators at elevated temperatures. Yellowish reaction products were confirmed in the contact faces between Cr-containing metals and insulators and were identified as Cr(VI) oxides. The amount of Cr(VI) increased as the metal Cr content, heat-treatment temperature, and heat-treatment time increased. The compounds that occurred as a result of the reaction were $CaCrO_4$ and Na_2CrO_4 for heat-insulating materials containing Ca and Na, respectively.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich **gelbliche Reaktionsprodukte**, identifiziert als **Chrom(VI)-Verbindungen**, auf den Kontaktflächen der Dämmstoffe bilden.

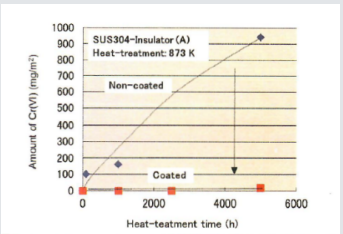


Fig. 10. Relationship between heat-treatment time and amount of Cr(VI) that occurred at 873 K for the combination of coated SUS304 and insulator (A) and the combination of non-coated SUS304 and insulator (A).

Die Menge der gebildeten Chrom(VI)-Verbindungen nimmt zu mit:

steigender Temperatur,

längerer Behandlungsdauer und

höherem Chromgehalt des Metalls!

Konkret wurden **Calciumchromat ($CaCrO_4$)** und/oder **Natriumchromat (Na_2CrO_4)** zwischen über einem längeren Zeitraum erhitzten Metallteilen nachgewiesen, die mit Dämmstoffen direkt verbunden waren, die **Calcium(oxid)** und/oder **Natrium(oxid)** enthielten.

Quelle: Journal of the Ceramic Society of Japan 123 [8] 677-684 2015

3. Chrom(VI)-Verbindungen – Einstufungen, Gesundheits- und Umweltgefahren

Chrom(VI)-Verbindungen sind KMR-Stoffe und somit gemäß der CLP-Verordnung und den GESTIS-Datenbanken als gefährliche Substanzen für Mensch und Umwelt eingestuft:

- H350 (krebserregend): Bereits geringe Exposition kann Krebs verursachen.
- H410 (umweltgefährlich): Persistent, kaum abbaubar und giftig für aquatische Systeme.
- H (hautresorptiv): Über die Haut resorbierbar und sensibilisierend.

Quellen:

- CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, Anhang VI.
- MAK- und BAT-Werteliste der DFG (2024).

3.1 Gesundheitliche Wirkungen von Chrom(VI)-Verbindungen

Der Kontakt mit Chrom(VI)-Verbindungen birgt erhebliche gesundheitliche Risiken, sowohl bei dermaler als auch bei inhalativer Exposition. Diese Gefährdungen sind sowohl akut als auch langfristig und betreffen verschiedene Organsysteme.

- **Akute Wirkungen:**

1. **Dermale Exposition:**



   - **Hautreizungen und Dermatitis:**

     Chrom(VI)-Verbindungen führen häufig zu starken Hautreizungen, die sich in Entzündungen und Rötungen äußern.
   - **Hautsensibilisierung:**

     Wiederholter Kontakt kann eine allergische Kontaktdermatitis verursachen. Personen können sensibilisiert werden, was bedeutet, dass selbst geringste Expositionen allergische Reaktionen hervorrufen können.
     - **Klassifikation:**
       H317 (Kann allergische Hautreaktionen verursachen).
2. **Inhalative Exposition:**
   - **Reizung der Atemwege:**

     Inhalation von Chrom(VI)-haltigem Staub oder Gasen verursacht akute Reizungen der Atemwege, einschließlich Husten, Atemnot und Rachenentzündungen.
     - **Klassifikation:**
       H334 (Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen).

- **Langfristige Wirkungen:**



1. **Dermale Exposition:**
   - **Chronische Hauterkrankungen:**

     Langfristige Exposition führt zu irreversiblen Hautschäden, darunter „Chrom-Geschwüre“, tiefe, schlecht heilende Hautläsionen.
2. **Inhalative Exposition:**
   - **Lungenkrebs:**

     Regelmäßige inhalative Exposition gegenüber Chrom(VI)-Verbindungen erhöht das Risiko für Lungenkrebs erheblich.
     - **Klassifikation:**
       H350 (Kann Krebs erzeugen).



   - **Chronische Atemwegserkrankungen:**

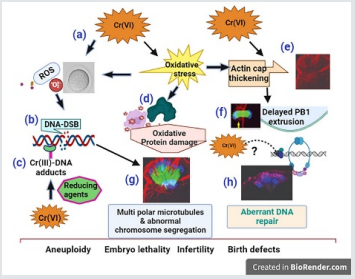
     Asthma, chronische Bronchitis und in schweren Fällen die Zerstörung der Nasenscheidewand (Nasenperforation) sind typische Folgen.
3. **Systemische Auswirkungen:**
   - **Leber- und Nierenschäden:**

     Die Reduktion von Chrom(VI) zu Chrom(III) im Körper setzt reaktive Sauerstoffspezies (ROS) frei, die oxidative Schäden an Organen verursachen.
   - **DNA-Schädigung:**

     Chrom(VI) interagiert direkt mit der DNA, verursacht Mutationen und erhöht das Krebsrisiko.
   - **Immunsystem:**

     Chronische Exposition schwächt die Immunabwehr und erhöht die Anfälligkeit für Infektionen.





4. Chrom(VI)-Verbindungen am Arbeitsplatz

4.1 Risikokonzept und Beurteilungsmaßstab

- **Exposition-Risiko-Beziehung (ERB):**

  Im Gegensatz zu anderen schädlichen Substanzen am Arbeitsplatz gibt es für Chrom(VI)-Verbindungen aufgrund der geschilderten Gesundheitsrisiken keinen Arbeitsplatzgrenzwert, dessen Unterschreitung ein maßnahmenfreies Handeln rechtfertigt.

  Das **Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Stoffen (TRGS 910)** definiert das Krebsrisiko wie folgt:

- **Toleranzrisiko:**

  Ein Krebsrisiko von **4:1.000** (also einer zusätzlichen Krebserkrankung pro 250 exponierte Personen) gilt als Toleranzkonzentration, deren Einhaltung aber bereits besondere Maßnahmen zur Risikominimierung erforderlich macht.

- **Akzeptanzrisiko:**

  Ein Krebsrisiko von **4:100.000** (also vier zusätzliche Krebsfälle pro 100.000 exponierte Personen) gilt als Akzeptanzkonzentration, bei der das Risiko als ausreichend kontrolliert angesehen wird.

  Unterhalb des Akzeptanzrisikos sind keine zusätzlichen Maßnahmen notwendig, sofern der Stand der Technik eingehalten wird.

Risikobezogenes Maßnahmenkonzept:

Die TRGS 910 verpflichtet Arbeitgeber, bei Expositionen **oberhalb des Akzeptanzrisikos**, aber **unterhalb des Toleranzrisikos, Maßnahmen zur weiteren Minimierung der Exposition zu ergreifen**.

Beurteilungsmaßstab für Chrom(VI)-Verbindungen:

Für Chrom(VI)-Verbindungen ist in der deutschen TRGS 910 keine Akzeptanzkonzentration festgelegt. Die deutsche TRGS 561 zieht **0,001 mg/m³** bzw. **1 µg/m³** in der einatembaren Fraktion, bezogen auf den Elementgehalt von Chrom, als Beurteilungsmaßstab heran; der Wert entspricht der Toleranzkonzentration der TRGS 910 (Risiko 4:1.000).

> Grundlage sind die Begriffsbestimmungen der Akzeptanz- und Toleranzkonzentration in § 2 Absatz 8a und 8b der deutschen Gefahrstoffverordnung.

4.2 Zusammenhang TRGS 910 mit Chrom(VI)-Verbindungen:

- **Chrom(VI)-Verbindungen** fallen unter die Regelungen der TRGS 910, da sie als **krebserzeugend** (**H350**) eingestuft sind.
- **Für Tätigkeiten mit Chrom(VI)-Verbindungen gilt der Beurteilungsmaßstab von 1 µg/m³; eine Akzeptanzkonzentration ist nicht festgelegt**.

- Da keine Akzeptanzkonzentration besteht, gibt es für Chrom(VI)-Verbindungen **keinen Konzentrationsbereich, unterhalb dessen Maßnahmen zur Reduktion der Exposition entbehrlich wären**.

Die TRGS 910 beschreibt den „Zusammenhang zwischen Risikobereichen und Maßnahmen" wie folgt:

Der Bereich niedrigen Risikos umfasst den Bereich bis zum Akzeptanzrisiko.
In diesem Bereich ist die Notwendigkeit der Durchführung zusätzlicher Maßnahmen gering.

Der Bereich des mittleren Risikos umfasst den Bereich **vom Akzeptanz- bis zum Toleranzrisiko. In diesem Bereich steigt die Notwendigkeit zusätzlicher Maßnahmen deutlich an**, je näher die Konzentration bei der Toleranzkonzentration ist.

Der Bereich des hohen Risikos beginnt oberhalb des Toleranzrisikos. In diesem Bereich besteht eine unmittelbare Notwendigkeit zusätzlicher Maßnahmen, um zumindest den Bereich des mittleren Risikos zu erreichen.

Für Chrom(VI)-Verbindungen ist keine Akzeptanzkonzentration festgelegt, ein Bereich niedrigen Risikos lässt sich daher nicht über eine Konzentration bestimmen. **Oberhalb von 0,001 mg/m³ bzw. 1 µg/m³ beginnt der Bereich hohen Risikos.**

Der Betreiber (Arbeitgeber) darf jedoch die (Nicht-)Durchführung von Schutzmaßnahmen nicht von noch nicht durchgeführten Expositionsmessungen abhängig machen.

Sichtbare KMR-Stoffe und deren Nachweis durch Schnelltests reichen aus, um von einer potenziellen Gefahr auszugehen.

Die Bewertung muss nach dem **Vorsorgeprinzip** erfolgen, mit **konservativen Annahmen** und **unverzüglicher Umsetzung des S-T-O-P-Prinzips**:

- **S**ubstitution
- **T**echnische Maßnahmen
- **O**rganisatorische Maßnahmen
- **P**ersönliche Schutzausrüstung

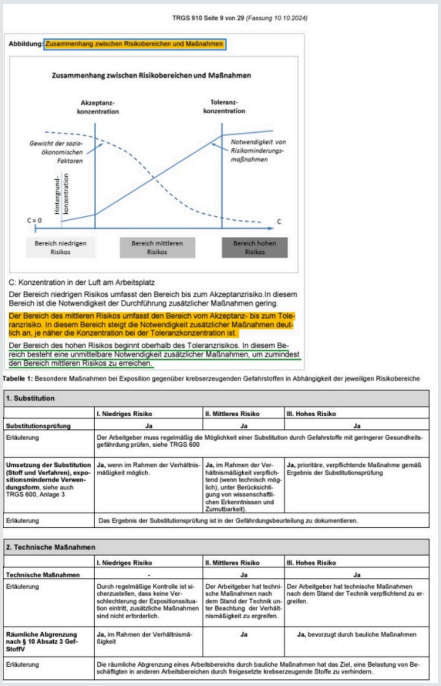


Reduzierung expositionsrelevanter Mengen	**Ja**, im Rahmen der Verhältnismäßigkeit.	**Ja**	**Ja**
Erläuterung	Die Reduzierung der verwendeten, expositionsrelevanten Stoffmengen ist ein Mittel zur Minimierung der resultierenden Exposition. Unabhängig von der tatsächlichen Expositionshöhe und dem damit korrespondierenden Risikobereich hat der Arbeitgeber eine Minimierung der verwendeten, expositionsrelevanten Stoffmenge stets zu veranlassen		
Warn- und Sicherheitszeichen nach § 16 GefStoffV	**Ja**, im Rahmen der Verhältnismäßigkeit	**Ja**	**Ja**

3. Organisatorische Maßnahmen			
	I. Niedriges Risiko	**II. Mittleres Risiko**	**III. Hohes Risiko**
(Grund)Hygienemaßnahmen	**Ja**	**Ja**	**Ja**
Erläuterung	Unabhängig von der tatsächlichen Expositionshöhe und dem damit korrespondierenden Risikobereich hat der Arbeitgeber stets die Maßnahmen nach § 8 GefStoffV zu veranlassen.		
Minimierung der Expositionsdauer	**Ja**	**Ja**	**Ja**
Erläuterung	Der Arbeitgeber hat stoff- und tätigkeitsspezifisch eine Optimierung hinsichtlich minimaler Expositionsdauer vorzunehmen Die Minimierung der Expositionsdauer ist wünschenswert. Hierzu können betriebliche Vereinbarungen getroffen werden.	Die Minimierung der Expositionsdauer ist verpflichtend. Hierzu können betriebliche Vereinbarungen getroffen werden.	
Minimierung der Anzahl exponierter Beschäftigten	**Ja**	**Ja**	**Ja**
Erläuterung	Die Minimierung der Exponiertenzahl ist wünschenswert.	Die Minimierung der Exponiertenzahl ist verpflichtend. Dabei hat der Arbeitgeber stoff- und tätigkeitsspezifisch eine Optimierung hinsichtlich minimaler Exponiertenzahl und minimaler Expositionsdauer vorzunehmen.	
Risikotransparenz und Risikokommunikation	**Ja**	**Ja**	**Ja**
Erläuterung	Der Arbeitgeber hat die Expositionshöhe und den zugeordneten Risikobereich zu ermitteln und die Beschäftigten hierüber im Rahmen der Unterweisung zusätzlich zu unterrichten.		
Betriebsanweisung, Unterweisung, Schulung	**Ja**	**Ja**	**Ja**
Erläuterung	Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass den Beschäftigten eine schriftliche Betriebsanweisung zugänglich gemacht wird, dass sie in den Methoden und Verfahren unterrichtet werden (Schulung), die im Hinblick auf die Sicherheit bei der Verwendung der betreffenden Gefahrstoffe angewendet werden müssen und dass sie anhand der Betriebsanweisung über auftretende Gefährdungen und entsprechende Schutzmaßnahmen mündlich unterwiesen werden. Im Rahmen der Unterweisung muss eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung erfolgen.		

4. Atemschutz			
	I. Niedriges Risiko	**II. Mittleres Risiko**	**III. Hohes Risiko**
Atemschutz	-	**Ja**	**Ja**
Erläuterung		Der Arbeitgeber hat den Beschäftigten Atemschutz zur Verfügung zu stellen, der von den Beschäftigten getragen werden muss. Beim Tragen von belastendem Atemschutz: siehe Anforderungen Nr. 5	Der Arbeitgeber hat den Beschäftigten Atemschutz zur Verfügung zu stellen, der von den Beschäftigten getragen werden muss. Beim Tragen von belastendem Atemschutz: siehe Anforderungen Nr. 5

5. Administrative Maßnahmen des Betreibers			
	I. Niedriges Risiko	**II. Mittleres Risiko**	**III. Hohes Risiko**
Maßnahmenplan nach § 6 Absatz 8 Satz 1 Nr. 4b GefStoffV	-	**Ja**	**Ja**
Erläuterung		Der Arbeitgeber stellt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung einen Maßnahmenplan auf, in dem er konkret beschreibt, aufgrund welcher Maßnahmen, in welchen Zeiträumen und in welchem Ausmaß eine weitere Expositionsminderung erreicht werden soll.	
	Die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung ist nach § 18 Absatz 2 GefStoffV der zuständigen Behörde auf Verlangen zu übermitteln.		



TRGS 910 Seite 9 von 29 (Fassung 10.10.2024)

Abbildung: Zusammenhang zwischen Risikobereichen und Maßnahmen

C: Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz

Der Bereich niedrigen Risikos umfasst den Bereich bis zum Akzeptanzrisiko.In diesem Bereich ist die Notwendigkeit der Durchführung zusätzlicher Maßnahmen gering.

Der Bereich des mittleren Risikos umfasst den Bereich vom Akzeptanz- bis zum Toleranzrisiko. In diesem Bereich steigt die Notwendigkeit zusätzlicher Maßnahmen deutlich an, je näher die Konzentration bei der Toleranzkonzentration ist.

Der Bereich des hohen Risikos beginnt oberhalb des Toleranzrisikos. In diesem Bereich besteht eine unmittelbare Notwendigkeit zusätzlicher Maßnahmen, um zumindest den Bereich mittleren Risikos zu erreichen.

Tabelle 1: Besondere Maßnahmen bei Exposition gegenüber krebserzeugenden Gefahrstoffen in Abhängigkeit der jeweiligen Risikobereiche

1. Substitution			
	I. Niedriges Risiko	**II. Mittleres Risiko**	**III. Hohes Risiko**
Substitutionsprüfung	**Ja**	**Ja**	**Ja**
Erläuterung	Der Arbeitgeber muss regelmäßig die Möglichkeit einer Substitution durch Gefahrstoffe mit geringerer Gesundheitsgefährdung prüfen, siehe TRGS 600		
Umsetzung der Substitution (Stoff und Verfahren), expositionsmindernde Verwendungsform, siehe auch TRGS 600, Anlage 3	**Ja**, wenn im Rahmen der Verhältnismäßigkeit möglich.	**Ja**, im Rahmen der Verhältnismäßigkeit verpflichtend (wenn technisch möglich), unter Berücksichtigung von wissenschaftlichen Erkenntnissen und Zumutbarkeit).	**Ja**, prioritäre, verpflichtende Maßnahme gemäß Ergebnis der Substitutionsprüfung
Erläuterung	Das Ergebnis der Substitutionsprüfung ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren.		

2. Technische Maßnahmen			
	I. Niedriges Risiko	**II. Mittleres Risiko**	**III. Hohes Risiko**
Technische Maßnahmen	-	**Ja**	**Ja**
Erläuterung	Durch regelmäßige Kontrolle ist sicherzustellen, dass keine Verschlechterung der Expositionssituation eintritt, zusätzliche Maßnahmen sind nicht erforderlich.	Der Arbeitgeber hat technische Maßnahmen nach dem Stand der Technik unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit zu ergreifen.	Der Arbeitgeber hat technische Maßnahmen nach dem Stand der Technik verpflichtend zu ergreifen.
Räumliche Abgrenzung nach § 10 Absatz 3 GefStoffV	**Ja**, im Rahmen der Verhältnismäßigkeit	**Ja**	**Ja**, bevorzugt durch bauliche Maßnahmen
Erläuterung	Die räumliche Abgrenzung eines Arbeitsbereichs durch bauliche Maßnahmen hat das Ziel, eine Belastung von Beschäftigten in anderen Arbeitsbereichen durch freigesetzte krebserzeugende Stoffe zu verhindern.		

4.3 Rechtliche Grundlagen und Verpflichtungen zur Gefahrenbewertung (Gefährdungsbeurteilung)

4.3.1 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV):

- **§ 6 – Gefährdungsbeurteilung:**
  - Die Gefährdungsbeurteilung muss alle vorhandenen Informationen berücksichtigen, einschließlich sichtbarer Kontaminationen und Schnelltest-Ergebnisse.
  - Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten und der Umwelt müssen sofort auf Grundlage der bekannten Risiken umgesetzt werden.
- **§ 7 – Grundpflichten, § 10 Absatz 1 – Minimierungsgebot:**
  - Sichtbare KMR-Stoffe erfordern unverzügliche Maßnahmen, unabhängig davon, ob Messungen vorliegen. Die Exposition muss auf das technisch und organisatorisch niedrigste Niveau reduziert werden.
- **§ 6 Absatz 1 Satz 2 Nummer 4 und § 7 Absatz 3 – Substitution:**
  - KMR-Stoffe müssen durch weniger gefährliche Alternativen ersetzt werden, sofern dies technisch machbar ist.

4.3.2 TRGS 400 – Gefährdungsbeurteilung:

- Arbeitgeber müssen auf Grundlage der besten verfügbaren Daten arbeiten, einschließlich visueller Hinweise und Schnelltests.
- Die Nichtverfügbarkeit von Messwerten ist kein Grund, Maßnahmen zu verzögern.

4.3.3 TRGS 910 – Risikobezogenes Maßnahmenkonzept:

- Für krebserzeugende Stoffe wird automatisch von einer potenziellen Gefährdung ausgegangen, wenn der Stoff vorhanden ist.
- Liegen keine Expositionsdaten vor, muss der Betreiber konservative Annahmen treffen und von der maximal möglichen Exposition ausgehen.

Weitere, im Zusammenhang mit Chrom(VI)-Verbindungen anzuwendende TRGS sind:

- **TRGS-401:** Gefährdung durch Hautkontakt Ermittlung – Beurteilung – Maßnahmen
- **TRGS 402:** Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen -Inhalative Exposition
- **TRGS 410:** Expositionsverzeichnis
- **TRGS 510:** Lagerung von Gefahrstoffen
- **TRGS 561:** Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen (Fassung vom 4. Mai 2026)
- **TRGS 600:** Substitution

4.3.4 TRGS 561 – Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen:

Die deutsche TRGS 561 „Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen“ gilt seit dem 4. Mai 2026 in neuer Fassung. Abschnitt 3.3.4 beschreibt die Entstehung von Chrom(VI)-Verbindungen an chromlegierten Heißteilen, Abschnitt 5.9.3 nennt Alkali-/Erdalkalimetalloxide aus Dämmstoffen oder Montagepasten als Einflussfaktor.

Nach Abschnitt 5.9.3 Absatz 5 sind Schutzmaßnahmen nach den Abschnitten 4.1 und 4.2 sowie ergänzende Maßnahmen zu treffen, **wenn eine Chrom(VI)-Belastung vorliegt oder nicht auszuschließen ist**; dazu gehören persönliche Schutzausrüstung, staubarmes Arbeiten und die Substitutionsprüfung. Eine vorherige Messung ist dafür nicht Voraussetzung. Abschnitt 3.3.4 verlangt zudem besondere Schutzmaßnahmen bei Hautkontakt mit

Chrom(VI)-Verbindungen.

4.4 Vorgehen bei der Risikobewertung

1. **Sofortmaßnahmen auf Basis sichtbarer Kontaminationen:**
   - **Sichtbare Ablagerungen oder Staub gelten als potenziell gefährlich**.
   - **Die bloße Sichtbarkeit und der Schnelltest-Nachweis erfordern eine Einstufung als hohe Gefährdung.**
2. **Konservative Annahmen:**
   - Der Betreiber muss davon ausgehen, dass die Exposition oberhalb der Toleranzkonzentration (z. B. 4:1.000 Risiko bei Chrom(VI)-Verbindungen) liegt.
   - Maßnahmen zur Risikominderung sind auch ohne Messwerte unverzüglich einzuleiten.
3. **Risikominimierung nach dem STOP-Prinzip:**
   - **Substitution:** KMR-Stoffe durch ungefährlichere Stoffe ersetzen, sofern möglich.
   - **Technische Schutzmaßnahmen:** Einsatz geschlossener Systeme, verbesserte Lüftung oder Filtertechniken.
   - **Organisatorische Maßnahmen:** Zugangsbeschränkungen, Anpassung von Arbeitsabläufen.
   - **Persönliche Schutzmaßnahmen (PSA):** Atemschutz, Schutzkleidung, Handschuhe, bis die Gefährdung beseitigt ist.
4. **Dokumentation und Transparenz:**
   - Sichtbare Kontaminationen und Testergebnisse müssen in der Gefährdungsbeurteilung dokumentiert werden.
   - Vorläufige Maßnahmen und weitere geplante Schritte sind festzuhalten.



4.5 Praktische Konsequenzen

1. **Schutzmaßnahmen:**
   - Auch ohne Messwerte müssen umfassende Schutzmaßnahmen wie PSA, Zugangsbeschränkungen und technischer Schutz unverzüglich, noch vor der Substitution, umgesetzt werden.
2. **Proaktive Planung:**
   - Der Betreiber muss gleichzeitig Expositionsmessungen veranlassen, um die Risikobewertung zu validieren und langfristige Maßnahmen zu optimieren.
3. **Berufsgenossenschaft und Behörden:**
   - Es ist zu prüfen, ob sichtbare KMR-Stoffe und Testergebnisse den zuständigen Behörden oder

Berufsgenossenschaften zu melden sind, auch um den Behörden die Möglichkeit zu geben, die Verantwortung der Erstausrüster zu bewerten.

Regelverstöße oder Verzögerungen können rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen, insbesondere bei krebserzeugenden Stoffen wie Chrom(VI)-Verbindungen.

Diese praktischen Konsequenzen bedeuten im Einzelnen:

4.6 Praktische Konsequenzen und Empfehlungen

Die Erkenntnisse über die Bildung und Gefährdung durch Chrom(VI)-Verbindungen sowie die Risiken durch Rückoxidation von Chrom(III)-Verbindungen erfordern konkrete Maßnahmen, die über bestehende gesetzliche Anforderungen hinausgehen.

Sowohl Hersteller als auch Betreiber müssen ihre Verantwortung wahrnehmen, um die Gesundheit der Beschäftigten und den Schutz der Umwelt zu gewährleisten.

Die folgenden Konsequenzen und Empfehlungen ergeben sich hieraus für

- Hersteller von Dämmstoffen bzw. Unternehmen, die diese werkseitig mit solchen ausrüsten,
- Betreiber von Anlagen, deren Bauteile mit einer solchen Wärmedämmung versehen sind und
- Behörden und Aufsichtsorganen, deren Aufgabe es ist, die Einhaltung der Vorschriften zu begleiten und nötigenfalls zu überwachen
- **Für Hersteller von Dämmstoffen, sowie**
- **Hersteller technischer Anlagen mit vorinstallierter Wärmedämmung:**

1. **Entwicklung alternativer Materialien:**

   Hersteller und Anwender von Hochtemperaturdämmstoffen sollten verstärkt in die Entwicklung und Erprobung von alkali- und erdalkalimetallfreien Produkten investieren, um die Bildung von Chromaten (Chrom(VI)-Verbindungen) präventiv zu verhindern.
2. **Transparenz und Kommunikation:**
   - Eine klare Offenlegung der Risiken bestehender Produkte, einschließlich potenzieller Reaktionen unter thermischen Bedingungen, ist unerlässlich.
   - Anwender sollten detaillierte Anweisungen für den sicheren Umgang mit betroffenen Produkten erhalten.
3. **Unterlassung von Falschinformationen:**

   Technologische Innovationen, die die Freisetzung von Chromaten vollständig verhindern, sollten priorisiert und schnellstmöglich umgesetzt werden; mangelhafte Dekontamination und Missachtung geltender Vorschriften schadet Mensch und Umwelt!

- **Für Betreiber technischer Anlagen, insbesondere BHKW-/KWK-Anlagen, sowie**
- **Betreiber von Kraftwerksanlagen:**

1. **Aktualisierung der Gefährdungsbeurteilung:**
   - Betreiber sind verpflichtet, ihre Gefährdungsbeurteilungen unverzüglich an die neuesten Erkenntnisse anzupassen und insbesondere die Risiken durch thermochemische Reaktionen in der Nähe von Dämmstoffen und chromhaltigen Legierungen zu berücksichtigen.
2. **Sofortige Umsetzung des STOP-Prinzips:**

- **S**ubstitution: Einsatz sicherer Dämmstoffe, die keine (erd-)alkalimetallhaltigen Oxide enthalten.
- **T**echnische Maßnahmen: Einsatz geschlossener Systeme und verbesserte Absauganlagen zur Minimierung von Staubemissionen.
- **O**rganisatorische Maßnahmen: Regelmäßige Schulungen für Mitarbeitende und klare Zugangsbegrenzungen zu gefährdeten Bereichen.
- **P**ersönliche Schutzausrüstung (PSA): Bereitstellung von Atemschutzmasken, Schutzanzügen und Handschuhen, um dermalen Kontakt und Inhalation zu vermeiden.

3. **Abflussfreie Handhabung:**

   Arbeiten mit kontaminierten Materialien oder Neutralisierungsflüssigkeiten müssen abflussfrei erfolgen, da auch Chrom(III)-Verbindungen wassergefährdend sind.

4. **Entsorgung kontaminierter Materialien:**
   Kontaminierte Dämmstoffe oder Oberflächen müssen als gefährlicher Abfall behandelt, fachgerecht entsorgt und keinesfalls wiederverwendet werden – auch nicht nach Behandlung mit Neutralisierungsflüssigkeiten.

- **Für Behörden und Aufsichtsorgane:**

1. **Striktere Überwachung und Kontrolle:**
   - Behörden sollten die Einhaltung der Substitutionspflicht sowie der Anforderungen an Gefährdungsbeurteilungen stärker überprüfen und Verstöße konsequent sanktionieren.
2. **Förderung sicherer Technologien:**
   - Öffentliche Förderprogramme könnten Anreize schaffen, um die Entwicklung sicherer Materialien und Prozesse voranzutreiben.
3. **Aufklärung und Sensibilisierung:**
   - Nationale Kampagnen könnten dazu beitragen, die Risiken durch Chrom(VI)-Verbindungen breiter bekannt zu machen und sowohl Betreiber als auch Beschäftigte zu sensibilisieren.

Fazit:

Die Verantwortung für den Umgang mit Chrom(VI)-Verbindungen liegt gleichermaßen bei Herstellern, Betreibern und Behörden.

Präventive Maßnahmen, wie die Substitution gefährlicher Stoffe, sowie eine strikte Einhaltung der bestehenden gesetzlichen Vorgaben sind unerlässlich, um langfristig die Gesundheit der Beschäftigten und den Schutz der Umwelt zu gewährleisten.

Nur durch gemeinsame Anstrengungen kann das Risiko durch Chrom(VI)-Verbindungen nachhaltig reduziert werden.

5. Rechtliche Pflichten

Die rechtlichen Anforderungen im Umgang mit Chrom(VI)-Verbindungen sind klar geregelt und umfassen sowohl die Verpflichtungen zur Minimierung der Exposition als auch zur Substitution gefährlicher Stoffe.

5.1 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV):

5.1.1 § 6 Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung

Inhalt:

- Arbeitgeber müssen Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz beurteilen. Diese Beurteilung umfasst:
  - Identifikation aller gefährlichen Stoffe und Gemische.
  - Prüfung der möglichen Expositionswege: inhalativ, dermal, oral.
  - Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften von KMR-Stoffen (z. B. krebserzeugend, mutagen, reproduktionstoxisch).

Besonderheiten für KMR-Stoffe:

- **Für KMR-Stoffe ist stets die höchste Sorgfalt geboten:**
  - **Auch geringste Expositionen können gesundheitsschädlich sein.**
  - **Die Gefährdungsbeurteilung muss aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse (z. B. Exposition-Risiko-Beziehungen) berücksichtigen.**
  - **Dermale Risiken:**
    - **Stoffe, die über die Haut resorbiert werden können (Hautresorptivität „H"), erfordern spezielle Schutzmaßnahmen, da sie systemische Schäden verursachen können.**
    - **KMR-Stoffe, wie Chrom(VI)-Verbindungen, können bei Hautkontakt Allergien, Dermatitis und Krebserkrankungen auslösen.**

Dokumentationspflicht:

- **Die Gefährdungsbeurteilung muss schriftlich erfolgen und regelmäßig aktualisiert werden, insbesondere bei neuen Erkenntnissen (z. B. Nachweis von KMR-Stoffen durch Schnelltests oder Messungen).**

5.1.2 § 7 Grundpflichten und § 8 Allgemeine Schutzmaßnahmen

Inhalt:

- Arbeitgeber müssen die Exposition gegenüber Gefahrstoffen minimieren oder vollständig vermeiden, soweit technisch möglich.

Besonderheiten für KMR-Stoffe:

1. **Expositionsminimierung:**
   - **KMR-Stoffe erfordern spezielle Schutzmaßnahmen, die über die allgemeinen Standards hinausgehen.**
   - **Technische Maßnahmen (z. B. geschlossene Systeme, Unterdruck-Arbeitsbereiche) haben Vorrang vor organisatorischen und persönlichen Maßnahmen.**
2. **Dermale Exposition:**
   - **Für hautresorptive KMR-Stoffe ist der Hautschutz besonders wichtig:**

- Bereitstellung von geeigneten Handschuhen, Schutzkleidung und Hautschutzmitteln.
- Regelmäßige Überprüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen.

3. Inhalative Exposition:
   - Technische Maßnahmen wie Absaugungen und Filtersysteme müssen prioritär umgesetzt werden.

STOP-Prinzip:

Die GefStoffV fordert die Anwendung des STOP-Prinzips, die Reihenfolge ist bindend anzuwenden:

- Substitution.
- Technische Schutzmaßnahmen.
- Organisatorische Maßnahmen.
- Persönliche Schutzausrüstung.



5.1.3 § 9 Zusätzliche Schutzmaßnahmen und § 10 Absatz 2

Inhalt:

- Arbeitgeber müssen zusätzliche Maßnahmen ergreifen, wenn allgemeine Schutzmaßnahmen nicht ausreichen.

Besonderheiten für KMR-Stoffe:

1. Arbeitsplatzbeschränkung:
   - Tätigkeiten mit KMR-Stoffen dürfen nur von geschultem Personal durchgeführt werden.
   - Unbefugte Personen müssen vom Arbeitsbereich ausgeschlossen werden.
2. Dermale Risiken:
   - Hautkontakt mit KMR-Stoffen muss durch spezielle Maßnahmen ausgeschlossen werden, z. B. durch doppelte Handschuhe und Schutzcremes.
3. Kennzeichnungspflicht:
   - Bereiche, in denen KMR-Stoffe verwendet werden, müssen gekennzeichnet sein. Beispiel: „Achtung! Arbeiten mit krebserzeugenden Stoffen."

5.1.4 § 2 Absätze 8a und 8b und § 10 – Risikobereiche

Inhalt:

- Für bestimmte Stoffe, insbesondere KMR-Stoffe, gelten keine festen Arbeitsplatzgrenzwerte, sondern Exposition-Risiko-Beziehungen (ERB).

- Die ERB gibt an, welche Konzentration eines KMR-Stoffes mit einem tolerierbaren oder akzeptablen Krebsrisiko einhergeht:
  - 4:1.000 (Toleranzrisiko): Zusätzliche Krebsfälle bei 4 von 1.000 exponierten Personen.
  - 4:100.000 (Akzeptanzrisiko): Zusätzliche Krebsfälle bei 4 von 100.000 exponierten Personen.

Besonderheiten für KMR-Stoffe:

- Bei Expositionen oberhalb des Akzeptanzrisikos müssen Maßnahmen zur Reduzierung getroffen werden.
- Tätigkeiten im Bereich hohen Risikos dürfen nur nach einer nach § 20 Absatz 4 bekannt gegebenen Regel ausgeübt werden (§ 10).
- Arbeitgeber müssen sicherstellen, dass auch bei der Einhaltung der ERB dermale Expositionen ausgeschlossen werden.
- Für Chrom(VI)-Verbindungen ist keine Akzeptanzkonzentration festgelegt; Beurteilungsmaßstab ist 1 µg/m³ (Abschnitt 4.1).

5.1.5 § 6 Absatz 1 Satz 2 Nummer 4 und § 7 Absatz 3 – Substitution

Inhalt:

- Substitutionspflicht:
  Arbeitgeber sind verpflichtet, gefährliche Stoffe durch weniger gefährliche Stoffe, Gemische oder Verfahren zu ersetzen, sofern dies technisch möglich ist.

Besonderheiten für KMR-Stoffe:

1. Priorität:
   - Die Substitution von KMR-Stoffen hat oberste Priorität, da keine Exposition als sicher angesehen wird.
2. Technische Machbarkeit:
   - Arbeitgeber müssen nachweisen, dass keine technisch machbaren Alternativen existieren, falls die Substitution nicht umgesetzt wird.
3. Dokumentation:
   - Die Prüfung der Substitutionsmöglichkeiten muss in der Gefährdungsbeurteilung nachvollziehbar dokumentiert werden.
4. Dermale Risiken:
   - Wenn die Substitution nicht möglich ist, müssen Maßnahmen ergriffen werden, die sowohl dermale als auch inhalative Expositionen ausschließen.

Beispiel für eine erfolgreiche Substitution calciumhaltiger Isolationselemente durch calcium-freie Isolationselemente:

Calciumhaltige Isolationselemente: Calcium-freie Isolationselemente:






Gelbliche Ablagerungen zeigen das keinerlei gelblichen Ablagerungen;
Vorhandensein krebserregender und der Chrom(VI)-Schnelltest bleibt
umweltschädlicher Cr (VI)-Verbindungen negativ und bestätigt die erfolgreiche

Substitution

- **Der § 10 der Gefahrstoffverordnung fasst die benannten Vorschriften wie folgt treffend zusammen:**

  Kann bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B trotz Ausschöpfung der technischen Schutzmaßnahmen der Arbeitsplatzgrenzwert nicht eingehalten werden oder werden Tätigkeiten im Bereich mittleren Risikos ausgeübt, hat der Arbeitgeber unverzüglich einen Maßnahmenplan zu erstellen.

  In dem Maßnahmenplan ist darzulegen, wie das Ziel erreicht werden soll, den Arbeitsplatzgrenzwert einzuhalten oder in den Bereich niedrigen Risikos zu gelangen.

  Dabei sind aufzuführen:

- die vorgesehenen Maßnahmen,
- die angestrebte Expositionsminderung sowie
- der geplante Zeitrahmen.

  Der Maßnahmenplan ist zusammen mit der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 Absatz 8 aufzubewahren.

  Kann auch bei Umsetzung des Maßnahmenplans nach Absatz 5 bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B der Arbeitsplatzgrenzwert nicht eingehalten werden oder werden Tätigkeiten im Bereich hohen Risikos ausgeübt, hat der Arbeitgeber sicherzustellen, dass diese Tätigkeiten nur nach einer nach § 20 Absatz 4 bekannt gegebenen Regel ausgeübt werden.

- **§ 10a Besondere Aufzeichnungs-, Mitteilungs- und Unterrichtungspflichten bei Tätigkeiten mit KMR-Stoffen der Kategorie 1A oder 1B**

  Um im Falle einer späteren Erkrankung die Höhe und die Dauer einer Exposition nachvollziehen zu können, hat der Arbeitgeber ein Verzeichnis über die Beschäftigten zu führen, die solche Tätigkeiten mit KMR-Stoffen der Kategorie 1A oder 1B ausüben, bei denen die Gefährdungsbeurteilung eine Gefährdung ihrer Gesundheit ergibt.

  In dem Verzeichnis sind die Tätigkeit sowie die Höhe und die Dauer der Exposition der Beschäftigten anzugeben. (...)

  Das Verzeichnis ist während der Dauer der Exposition stets aktuell zu halten und für mindestens **folgende Zeiträume nach Ende der Exposition aufzubewahren**:

  bei Tätigkeiten mit KMR-Stoffen der Kategorie 1A oder 1B 40 Jahre... Bei Beendigung des Beschäftigungsverhältnisses hat der Arbeitgeber den Beschäftigten einen Auszug aus dem Verzeichnis auszuhändigen, der die sie betreffenden Angaben enthält. **Der Arbeitgeber hat einen Nachweis über die Aushändigung wie Personalunterlagen aufzubewahren**.

- **Im Paragraph 18 der GefStoffV heißt es weiterhin:**

  Unbeschadet des § 22 des Arbeitsschutzgesetzes hat der Arbeitgeber der zuständigen Behörde auf Verlangen Folgendes mitzuteilen:

- **das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 und die ihr zugrunde liegenden Informationen, einschließlich der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung,**
- **die Tätigkeiten, bei denen Beschäftigte tatsächlich oder möglicherweise gegenüber Gefahrstoffen exponiert worden sind, und die Anzahl dieser Beschäftigten,**

- **die nach § 13 des Arbeitsschutzgesetzes verantwortlichen Personen,**
- **die durchgeführten Schutz- und Vorsorgemaßnahmen, einschließlich der Betriebsanweisungen,**
- **eine Kopie des Maßnahmenplans nach § 10 Absatz 5 bei Tätigkeiten im Bereich mittleren oder hohen Risikos.**

Der Arbeitgeber hat der zuständigen Behörde bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen oder reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B zusätzlich auf Verlangen Folgendes mitzuteilen:

- **das Ergebnis der Substitutionsprüfung,**
- **Informationen über**

a) ausgeübte Tätigkeiten und angewandte industrielle Verfahren und die Gründe für die Verwendung dieser Gefahrstoffe,

b) die Menge der hergestellten oder verwendeten Gefahrstoffe,

c) die Art der zu verwendenden Schutzausrüstung,

d) Art und Ausmaß der Exposition,

e) durchgeführte Substitutionen.

Auf Verlangen der zuständigen Behörde ist die nach Anhang II der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 geforderte Fachkunde für die Erstellung von Sicherheitsdatenblättern nachzuweisen.

Die EU-Direktive 2004/37 EG über den Schutz vor KMR-Stoffen wird in Deutschland durch die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) umgesetzt, welche wiederum die Grundlage der einzelnen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) bildet.

Chrom(VI)-Verbindungen sind inhalativ, dermal und oral gesundheitsschädlich und krebserregend.

Aufgrund der zusätzlichen Einstufung **H410 „chronisch umweltschädlich mit langfristigen Schäden für Wasserorganismen"** sind **Chromate bzw. Produkte, die mit Chromaten kontaminiert sind, somit auch kennzeichnungspflichtig getrennt zu lagern und als Sondermüll, mit den entsprechenden Abfallschlüsseln versehen, zu entsorgen.**

Durch die Warnhinweise der Hersteller und die Informationsschreiben der Behörden ist dem Eigentümer bzw. Betreiber der eingangs beschriebenen Anlagenbereiche die Gefahr bekannt, dass Mensch und/oder Umwelt durch krebserzeugende und chronisch umweltgefährdende Gefahrstoffe hochgradig gefährdet sind.

Dieses Wissen verpflichtet Besitzer und Betreiber dieser Anlagen zur sofortigen Einleitung von Schutzmaßnahmen! Hierbei gilt das europaweite Minimierungsprinzip, die Entstehung der schädlichen Substanzen und die damit verbundene Gefahr für Mitarbeiter, unbeteiligte Dritte und die Umwelt unverzüglich zu minimieren, bestenfalls zu verhindern.

Nach Einleitung diverser Sofortmaßnahmen (Abgrenzung, Minimierung der zu gefährdenden Personen, räumliche Trennung u.a., welche sich aus der ebenfalls sofort zu ändernden Gefährdungsbeurteilung ergeben, **ist zu prüfen, wie die Gefährdung durch Auswahl geeigneter Verfahren bzw. Substitutionsprodukte minimiert bzw. verhindert werden kann.**

Obwohl die Freisetzung der Chromate durch den Einsatz der (erd-)alkalimetalloxidhaltigen seit einigen Jahren bekannt ist (die ersten Warnmeldungen wurden 2021 veröffentlicht), wurde bis heute seitens der Motoren- und Turbinenhersteller wenig unternommen, um das technisch lösbare Problem der Chromatentstehung (durch Verwendung (erd-)alkalimetalloxidfreier Isolationsprodukte) abzustellen.

Da die Motoren, Turbinen, Komponenten der Abgasnachbehandlung und alle anderen später betroffenen Bauteile im Auslieferzustand noch keine Chromate aufweisen, werden sie neuerdings als „Chrom(VI)-frei" angepriesen. So wird mit vollem Bewusstsein das spätere Risikomanagement vom Hersteller auf den Kunden bzw. Verbraucher übertragen; eine Prüfung, inwieweit das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) den Verkäufer in die Haftungspflicht nimmt, ist bislang nicht in Erwägung gezogen worden.

Produktsicherheitsgesetz (ProdSG):

- **Verpflichtung der Hersteller:**
  Produkte müssen so gestaltet sein, dass bei bestimmungsgemäßer Nutzung keine unverhältnismäßigen Risiken entstehen.
  - Hersteller, die weiterhin insbesondere calciumhaltige Dämmstoffe verwenden, riskieren auf Kosten ihrer Kunden die Bildung von krebserregenden Chromaten und könnten somit zur Verantwortung für potenzielle Schäden an Mensch und Umwelt genommen werden.

REACH/CLP-Verordnung:

1. **Chrom(VI)-Verbindungen als SVHC:**

   Als teilweise besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC) unterliegen Chrom(VI)-Verbindungen strengen Anforderungen hinsichtlich Herstellung, Nutzung und Kommunikation in der Lieferkette.

2. **H-Sätze:**

   Chrom(VI)-Verbindungen sind mit den H-Sätzen **H350 (krebserregend)** und **H410 (umweltgefährlich)** eingestuft.

6. Verantwortung der Hersteller und Betreiber

6.1 Verantwortung der Hersteller:

- **Materialauswahl:**
  Hersteller sind verpflichtet, alternative Materialien zu entwickeln und einzusetzen, die nicht die Bildung von Chromaten begünstigen.
- **Substitutionsprüfungspflicht (TRGS 600):**
  Nach der Gefahrstoffverordnung sind gefährliche Stoffe durch sicherere Alternativen zu ersetzen.
  Diese Verpflichtung sollte auch für den Hersteller der vorgedämmten Aggregate gelten.
- **Ethische Verantwortung:**
  Hersteller, die Risiken verharmlosen oder Alternativen zurückhalten, handeln nicht nur fahrlässig, sondern könnten auch rechtlich belangt werden.
- **Produkthaftung:**
  Bewusste Unterlassungen, die Gesundheits- oder Umweltschäden verursachen, könnten im Rahmen der Produkthaftungsverordnung geahndet werden.

6.2 Verantwortung der Betreiber:

- **Gefährdungsbeurteilung:**
  Betreiber dürfen sich nicht auf Unbedenklichkeitsbeteuerungen der Hersteller verlassen, sondern sind verpflichtet, neue Erkenntnisse in ihre Gefährdungsbeurteilungen aufzunehmen.
- **Substitutionspflicht:**
  Betreiber müssen eigenständig Alternativen prüfen und umsetzen, unabhängig von den Entscheidungen der Hersteller.
- **Rechtliche und moralische Verantwortung:**
  Passivität könnte als Mitverschulden gewertet werden, wenn bekannte Gefährdungen nicht adressiert werden.

7. Irreführende Handlungsempfehlungen

7.1 Reduktionsflüssigkeiten (Neutralisator)

Aufgrund der Tatsache, dass es chemisch möglich ist, durch den Einsatz einer Mischung aus Ascorbin- und Zitronensäure sechswertige Chromverbindungen in vergleichsweise weniger gefährliche dreiwertige Chromverbindungen umzuwandeln, weisen Hersteller von Motoren und Aggregaten vorzugsweise darauf hin, dass man durch diesen Vorgang die bestehende Gefährdung durch krebserregende Chrom(VI)-Verbindungen „weitestgehend" abstellen kann und erlauben sich zusätzlich noch den Hinweis, dass man Chrom(III)-Verbindungen auch als Spurenelemente in der Nahrung findet und der Körper diese „essentiellen Bausteine" sogar benötigt.

Diese Hinweise sind allerdings mehr als irreführend, da es einen großen Unterschied zwischen den Chrom(III)-Verbindungen in Nahrungs- oder Nahrungsergänzungsmitteln und industriell hergestellten oder herbeigeführten Chromverbindungen gibt.

Auf dem ersten Blick mag diese Argumentation stimmig erscheinen, allerdings unterscheiden sich beide Elemente signifikant.

- **Problematik:**

  Spurenelemente vs. industrielle Konzentrationen
- WHO-Empfehlung:

  Die maximale Aufnahme von Chrom(III) als Spurenelement liegt bei 50–200 µg/Tag.
- Industrielle Realität:

  Bei der Neutralisierung von großflächig auf Motoren und/oder Turbinen entstandenen Chromaten entstehen Konzentrationen, die weit über diesem Bereich liegen.

  Für Chrom(III)-Verbindungen gilt laut TRGS 900 ein Arbeitsplatzgrenzwert von 2 mg/m³.
- **Keine Bekämpfung der Ursache, nur kurzfristige Sofortmaßnahme, Chromate kehren zurück**

Ein **besonderes Risiko** stellt die potenzielle **Rückoxidation von Chrom(III)-Verbindungen zu Chrom(VI)-Verbindungen** unter ungünstigen Bedingungen dar.

Bei erneuter Exposition gegenüber hohen Temperaturen oder oxidierenden Umgebungen, wie sie in industriellen Prozessen häufig auftreten, kann Chrom(III) durch Sauerstoff oxidiert und wieder in seine toxischere sechswertige Form umgewandelt werden.

Dies gilt insbesondere für Oberflächen, die bereits durch chromathaltige Rückstände kontaminiert sind, oder für z. B. calciumhaltige (Isolations-)Materialien, die erneut in thermischen Prozessen eingesetzt werden.

Diese Reaktion erhöht das Risiko einer erneuten Freisetzung von krebserregenden und umweltgefährlichen Chrom(VI)-Verbindungen und verdeutlicht die Notwendigkeit, kontaminierte Materialien vollständig zu entfernen und durch geeignete Alternativen zu ersetzen.

Funktionsprinzip der Neutralisierungsflüssigkeit

1. **Ziel der Reaktion:**

- Durch die Reduktion auf **Chrom(III)-Verbindungen** (z. B. Cr^{3+} oder $Cr(OH)_3$wird die akute Toxizität reduziert.

2. Rolle der Komponenten:

1. **Ascorbinsäure (Vitamin C):**
   - Wirkt als starkes Reduktionsmittel.
   - Reduziert Cr(VI) auf Cr(III) durch Abgabe von Elektronen.
2. **Zitronensäure:**
   - Schafft eine leicht saure Umgebung (pH≈3).
   - Stellt Protonen (H^+) bereit, die für die Reaktion erforderlich sind.
   - Stabilisiert die entstandenen Cr(III)-Ionen durch Bildung löslicher Komplexe (z. B. Cr(Citrate)).

3. Chemische Reaktionsgleichung

Die Reduktion von Chromat CrO 2-/4 zu Chrom(III) kann wie folgt dargestellt werden:

1. **Redoxreaktion:**
   Ascorbinsäure ($C_6H_8O_6$) gibt Elektronen ab, während Cr(VI) Elektronen aufnimmt:

$$CrO\ 2\text{-}/4 + 3C_6H_8O_6 + 8H^+ \longrightarrow 2Cr3^+ + 3C_6H_6O_6 + 4H_2O$$

2. **Produkte:**
   Chrom(III) als $Cr3^+$, das zu **$Cr(OH)_3$ (Chrom(III)-Hydroxid)** ausfallen kann.
   Dehydroascorbinsäure ($C_6H_6O_6$).
3. **Komplexbildung mit Zitronensäure:**
   Zitronensäure ($C_6H_8O_7$) kann Chrom(III) stabilisieren:

$$Cr^{3+} + C_6H_8O_7 \longrightarrow Cr(Citrate)$$

4. **Praktische Aspekte**

Vorteile:

1. **Effektive Reduktion:**
   - Ascorbinsäure reduziert Chrom(VI) zuverlässig in kurzer Zeit.
2. **Einfache Anwendung:**
   - Die Mischung ist einfach herzustellen und erfordert keine komplexe Technik.

Nachteile und Risiken:

1. **Entstehung neuer, gesundheits- und umweltschädlicher Verbindungen:**
   - **Chrom(III)-Verbindungen** wie **$Cr(OH)_3$** sind weniger toxisch, aber dennoch **wassergefährdend (H412)** und **hautsensibilisierend (Sh)**.
   - Entstehung von löslichen Komplexen (z. B. Cr(Citrate)) kann die Mobilität und Umweltverbreitung von Chrom erhöhen.
2. **Unvollständige Reduktion:**
   - Die Besprühung kontaminierter Anlagen und deren Bauteile ist keine professionelle

Schadstoffbekämpfung sondern nur eine Sofortmaßnahme; es ist aber zu erwarten, dass, wenn auch geringe(re) Mengen, Chromate verbleiben.

Erforderliche Maßnahmen:

- Die behandelten Rückstände müssen ebenfalls als gefährlicher Abfall betrachtet und entsprechend entsorgt werden.
- **Arbeiten mit Neutralisierungsflüssigkeiten sollten abflussfrei erfolgen,** da wasserlösliche Chrom(III)-Komplexe potenziell umweltgefährdend sind.

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass **ein irreführendes Sicherheitsgefühl seitens der Hersteller suggeriert wird** und die eigentliche Gefahr der Chrom(VI)-Exposition als beherrschbar, weil mit einer simplen Neutralisierungslösung zu bekämpfen, dargestellt wird.

Insbesondere der Hinweis auf die „essentiellen" Spurenelemente erweckt den Eindruck, dass es ausreichend ist, eine Neutralisierungslösung bereitzuhalten, so dass die Gefährdung ausreichend abgestellt werden kann.

7.2 Chrom(III)-Verbindungen

Im so genannten „Substance Evaluation Conclusion Document" 215-160-9 der französischen ANSES im Auftrag des französischen Umweltministeriums werden Chrom(III)-Verbindungen nicht nur als hautsensibilisierend , sondern auch als toxisch bei wiederholter Gabe eingestuft.

Auch die Mutagenitätsbedenken werden bestätigt und sollten in naher Zukunft dazu führen, dass eine andere Einstufung vorgenommen wird.

Schon jetzt kann man der Datenbank der „ECHA" entnehmen, dass Chrom(III)-Oxid mit der CAS-Nr. 1308-38-9 in 278 Einträgen als Reprotoxisch 1B eingestuft ist; zusätzlich sind mehrheitlich folgende H-Sätze vermerkt:

H317
H360
H413

Eine solche Substanz als lebensnotwendiges Spurenelement zu bezeichnen, erweckt fast den Eindruck, als sei der unkontrollierte Einsatz von Neutralisationsflüssigkeiten ein nahezu bedenkenloser Vorgang, bei dem dann erfahrungsgemäß wenig Vorsicht geboten ist und animiert zu unüberwachten Maßnahmen nicht qualifizierter Mitarbeiter.

Wer diese Handlungsmaßnahme als ausreichend darstellt und in seinen Empfehlungen auch noch Bilder zeigt, wie der Boden, auf dem die Neutralisationsarbeiten durchgeführt werden, ungeschützt ist, dem sollten die Behörden vielleicht verbieten, ungeschultes Personal mit der Schadstoffbekämpfung von hochgradig krebserregenden und umweltgefährdenden Stoffen zu beauftragen.

Alle Empfehlungen, die in den technischen Anleitungen gegeben werden, decken sich in keiner Weise mit den beschriebenen Maßnahmenpaketen für den Umgang mit KMR-Stoffen am Arbeitsplatz, ebenfalls nicht mit Vorschriften bezüglich freigesetzter Chrom(III)-Verbindungen!

JENBACHER TA 2300-0025

Anwendung der Cr-6 - Reduktionslösung

- Schutzmaske (staubdichte Atemschutzmaske)
- Einweg-Schutzhandschuhe
- Einweg-Overall
- Schutzbrille

Die Isoliermatten werden so montiert, dass eine Staubbildung möglichst vermieden wird. Zur Verringerung der Staubbildung ist das Dämmmaterial mit Reduktionsmittel leicht anzusprühen.



Gelbliche Ablagerungen auf einem Krümmer, Nachweis von Cr 6 mittels Schnelltest (Farbreaktion)

Besprühen des Krümmers mit Reduktionslösung

Reinigen des Krümmers mit einem feuchten Tuch

Abgenutztes oder beschädigtes Isoliermaterial sollte so bald wie möglich ersetzt werden.

8. Gefährdungsbeurteilung

Die Gefährdungsbeurteilung bildet die Grundlage für einen sicheren Umgang mit Gefahrstoffen und ist besonders bei krebserzeugenden, mutagenen und reproduktionstoxischen (KMR-)Stoffen wie Chrom(VI)-Verbindungen von entscheidender Bedeutung. Sie ermöglicht es Arbeitgebern, Risiken systematisch zu bewerten und geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Der rechtliche Rahmen wird in § 6 der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) detailliert beschrieben.

8.1 Durchführung der Gefährdungsbeurteilung

1. **Ermittlung der Gefährdungen:**
   - Sichtbare Ablagerungen oder Stäube mit Chrom(VI)-haltigen Verbindungen müssen als potenzielle Gefahr eingestuft werden, auch ohne Expositionsmessungen.
   - Schnelltests und Materialanalysen können eine erste Einschätzung der Gefährdung liefern.
   - Zusätzlich sind spezifische Eigenschaften der Materialien, wie Hautresorptivität (H) oder Umweltgefährdung (H410), in die Bewertung einzubeziehen.
2. **Bewertung der Exposition:**
   - Der Beurteilungsmaßstab nach TRGS 910 und TRGS 561 (1 µg/m³) muss herangezogen werden; eine Akzeptanzkonzentration ist für Chrom(VI)-Verbindungen nicht festgelegt.
   - Wo Messungen fehlen, sind konservative Annahmen zu treffen, die von einer maximal möglichen Exposition ausgehen.
3. **Dokumentation:**
   - Die Gefährdungsbeurteilung muss umfassend dokumentiert werden, einschließlich der identifizierten Risiken, angewandten Schutzmaßnahmen und der Prüfung von Alternativen.

8.2 Besondere Anforderungen bei KMR-Stoffen

1. **Minimierungsgebot:**
   - Gemäß § 10 Absatz 1 GefStoffV ist die Exposition gegenüber KMR-Stoffen so weit wie möglich zu minimieren. Dies erfordert:
     - Substitution gefährlicher Materialien durch weniger gefährliche Alternativen.
     - Technische Maßnahmen wie geschlossene Systeme und Absauganlagen.
     - Organisatorische Maßnahmen, z. B. Zugangsbegrenzungen und spezielle Arbeitsverfahren.
2. **Vorsorgeprinzip:**
   - Kann eine Gefährdung nicht vollständig ausgeschlossen werden, sind vorsorglich umfassende Schutzmaßnahmen umzusetzen.
   - Arbeiten mit Chrom(VI)-haltigen Stoffen oder Rückständen müssen als hochriskant eingestuft werden.
3. **Abflussfreie Handhabung:**
   - Arbeiten mit potenziell kontaminierten Flüssigkeiten, wie Neutralisierungsflüssigkeiten, oder festen Materialien müssen abflussfrei erfolgen. Rückstände sind als gefährlicher Abfall zu behandeln.

8.3 Regelmäßige Überprüfung und Anpassung

- Neue Erkenntnisse oder veränderte Arbeitsbedingungen machen eine sofortige Aktualisierung der Gefährdungsbeurteilung erforderlich (§ 6 GefStoffV).
- Regelmäßige Überprüfungen sind verpflichtend, auch wenn keine neuen Erkenntnisse vorliegen.

8.4 Einbindung von Experten

- Bei der Erstellung oder Aktualisierung der Gefährdungsbeurteilung sollten externe Sachverständige oder Berufsgenossenschaften einbezogen werden, um die Qualität der Beurteilung zu erhöhen.
- Besonders bei komplexen Prozessen, wie der Substitution von Dämmstoffen oder der Dekontamination chromathaltiger Rückstände, ist die Zusammenarbeit mit Fachleuten unerlässlich.

9. Substitutionsprüfung

Die Substitutionsprüfung ist ein zentraler Bestandteil der Maßnahmen zum Schutz von Gesundheit und Umwelt und wird durch § 6 Absatz 1 Satz 2 Nummer 4 und § 7 Absatz 3 der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) klar vorgeschrieben. Sie verlangt, dass gefährliche Stoffe und Gemische, insbesondere KMR-Stoffe, durch weniger gefährliche Alternativen ersetzt werden, wenn dies technisch möglich ist. Die alleinige Anwendung von Neutralisierungsflüssigkeiten stellt keine Substitution dar, sondern lediglich eine kurzfristige Notfallmaßnahme, um akute Gefährdungen zu verringern. Die langfristige Lösung liegt in der vollständigen Substitution der problematischen Komponenten.

9.1 Neutralisierungsflüssigkeit als Sofortmaßnahme

- **Bedingungen für den Einsatz:**
  - Der Einsatz von Neutralisierungsflüssigkeiten, bestehend aus Ascorbin- und Zitronensäure, ist eine notwendige Sofortmaßnahme, darf jedoch ausschließlich von speziell geschultem Personal durchgeführt werden.
  - Diese Maßnahme ist erst dann zulässig, wenn alle anderen Schutzmaßnahmen, wie die räumliche Trennung und technische Sicherung der Arbeitsbereiche, bereits umgesetzt wurden.
- **Begrenzte Wirkung:**
  - Neutralisierungsflüssigkeiten reduzieren die akute Gefährdung durch Chrom(VI)-Verbindungen, indem sie diese auf Chrom(III)-Verbindungen reduzieren. Allerdings:
    - Es gibt keine Garantie, dass die Reduktion vollständig erfolgt!
    - Neue Chrom(III)-Verbindungen können durch Rückoxidation bei erneuter Hitze- oder Sauerstoffexposition erneut KMR-Stoffe bilden.
- **Keine langfristige Lösung:**
  - Die Neutralisierung kann nicht als Ersatz für eine Substitution betrachtet werden. Sie dient lediglich der kurzfristigen Eindämmung des akuten Risikos.

9.2 Verpflichtung zur Substitution

1. **Bekämpfung vorhandener Chromate:**
   - Der erste Schritt in der Substitutionsprüfung ist die vollständige Beseitigung vorhandener Chrom(VI)-haltiger Rückstände in kontaminierten Arbeitsbereichen.
   - Diese Bereiche müssen gründlich gereinigt und entstaubt werden, da Chromate nicht nur auf Oberflächen, sondern auch in schwer zugänglichen Bereichen abgelagert sein können.
2. **Ersetzung von (Erd-)alkalimetalloxidhaltigen Dämmstoffen:**
   - Es besteht kein Zweifel, dass Chrom(VI)-Verbindungen durch die thermochemische Reaktion zwischen chromhaltigen Metallen und (erd-)alkalimetalloxidhaltigen Dämmstoffen entstehen.
   - Die fortgesetzte Verwendung solcher Dämmstoffe führt zwangsläufig zur erneuten Bildung von Chromaten, was weder technisch akzeptabel noch gesetzlich zulässig ist.
   - Substitutionspflicht: Die GefStoffV verlangt die Ersetzung gefährlicher Stoffe und Komponenten, sobald Alternativen verfügbar und technisch machbar sind.

3. **Verfügbarkeit sicherer Alternativen:**
    - Entgegen der Darstellung einiger Hauptlieferanten sind alkali- und erdalkalimetallfreie Dämmstoffe bereits seit Jahren in der Praxis etabliert. Diese Materialien haben sich nicht nur als sicherer, sondern auch als technisch überlegen erwiesen.
    - Betreiber sollten diese Alternativen unverzüglich implementieren, um die Bildung von KMR-Stoffen dauerhaft zu verhindern.

9.3 Reinigung und Prävention

1. **Reinigung kontaminierter Arbeitsbereiche:**
    - Ganze Arbeitsbereiche, in denen chromhaltige Legierungen und (erd-)alkalimetallhaltige Dämmstoffe verwendet wurden, sind höchstwahrscheinlich kontaminiert.
    - Eine gründliche Reinigung dieser Bereiche ist notwendig, um verbleibende Chrom(VI)-Rückstände vollständig zu entfernen.
2. **Prävention durch Substitution:**
    - Die Substitution gefährlicher Dämmstoffe reduziert nicht nur das Risiko der Chromatbildung, sondern trägt auch zur langfristigen Sicherheit und Nachhaltigkeit der Arbeitsprozesse bei.
3. **Technische und organisatorische Maßnahmen:**
    - Neben der Substitution der Dämmstoffe sollten Betreiber sicherstellen, dass alle technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen umgesetzt werden. Hierzu zählen geschlossene Systeme, Zugangsbeschränkungen und kontinuierliche Überwachung der Arbeitsbereiche.

Fazit

Die Substitutionsprüfung ist ein unverzichtbarer Schritt, um die Gefährdung durch Chrom(VI)-Verbindungen dauerhaft zu minimieren.

Die Verwendung von Neutralisierungsflüssigkeiten kann nur als Übergangslösung betrachtet werden. Langfristig führt kein Weg an der Substitution (erd-)alkalimetallhaltiger Dämmstoffe vorbei.

Sichere und technisch überlegene Alternativen stehen in ausreichendem Maße zur Verfügung und müssen unverzüglich implementiert werden.

Betreiber, die nicht handeln, riskieren nicht nur rechtliche Konsequenzen, sondern auch erhebliche gesundheitliche und ökologische Schäden.

10. Schlussfolgerungen für den Umgang mit Chromaten am Arbeitsplatz

10.1 Für den Bereich der EU

- Im **gesamten Bereich der Europäischen Union** ist die Direktive **2004/37/EG** anzuwenden, die insbesondere für **KMR-Stoffe am Arbeitsplatz** ein **klares Minimierungsgebot, unabhängig vom vorhandenen Arbeitsplatzgrenzwert** ausspricht.
- Ab 2025 gilt innerhalb der EU der einheitliche Grenzwert für Chrom(VI)-Verbindungen von 0,005 mg/m³ | 5 µg/m³
  Dieser Grenzwert bedeutet eine rechtlich zulässige Höchstkonzentration, stellt aber keine risikofreie Schwelle dar.

  Auch wenn der Grenzwert eingehalten wird, sind Arbeitgeber verpflichtet, die Exposition weiter zu reduzieren, sofern es technisch möglich ist (Artikel 5).

  Es gibt keinen toxikologischen Schwellenwert für Chrom(VI)-Verbindungen, da selbst kleinste Mengen gesundheitsschädlich sein können!

  Ein toxikologischer Schwellenwert ist der Punkt, unterhalb dessen ein Stoff als sicher angesehen wird und keine gesundheitlichen Schäden erwartet werden.

  Da Chrom(VI)-Verbindungen als krebserzeugende Stoffe eingestuft sind, ist der Arbeitsplatzgrenzwert differenziert zu betrachten, weil bereits kleinste Expositionen mit KMR-Stoffen langfristige gesundheitliche Schäden verursachen können.

  Liegt ein Arbeitsplatzmessergebnis unter dem Grenzwert, besteht weitläufig die Fehleinschätzung, dass der Arbeitsplatz als sicher gilt, diese Annahme ist aber falsch, denn für KMR-Stoffe gilt immer und ausschließlich das Minimierungsgebot.

REACH-Beschränkung von Chrom(VI)-Stoffen

Die Europäische Chemikalienagentur ECHA hat im April 2025 eine Beschränkung von Chrom(VI)-Stoffen nach Anhang XV der REACH-Verordnung vorgeschlagen, die das bisherige Zulassungsverfahren ablösen soll. Danach sollen nur noch bestimmte Verwendungen unter strengen Bedingungen zulässig bleiben, mit Arbeitsplatzgrenzwerten zwischen 0,1 und 5 µg Cr(VI)/m³ je nach Verwendung sowie Emissionsgrenzen für Luft und Wasser; alle übrigen Verwendungen wären untersagt. Der Ausschuss für Risikobeurteilung (RAC) der ECHA hat seine Stellungnahme am 1. Juni 2026 angenommen, der Ausschuss für sozioökonomische Analyse (SEAC) seinen Entwurf am 11. Juni 2026.

Maßgeblich ist der weite Verwendungsbegriff der REACH-Verordnung. Nach Artikel 3 Nummer 24 ist „Verwendung" jedes „Verarbeiten, Formulieren, Verbrauchen, Lagern, Bereithalten, Behandeln, Abfüllen in Behältnisse, Umfüllen von einem Behältnis in ein anderes, Mischen, Herstellen eines Erzeugnisses oder jeder andere Gebrauch". Wird ein mit Chromaten kontaminiertes Bauteil zur Wartung ausgebaut, gelagert und wieder eingebaut, oder wird eine kontaminierte Dämmung gelagert oder wiederverwendet, kann dies eine Verwendung sein. **Fällt sie nicht unter die künftig zulässigen Verwendungen, wäre sie untersagt; für heutige Isolationssysteme auf chromlegierten Heißteilen kann dies auf ein faktisches Verbot hinauslaufen.** Maßgeblich ist der endgültige Rechtstext.

Eine Zusammenfassung der 2004/37/EG folgt auf den nächsten Seiten; wichtige Ableitungen hieraus sind fett oder gelb markiert:

RICHTLINIE 2004/37/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 29. April 2004 in neuester Fassung (2024)

über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Exposition gegenüber Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen bei der Arbeit (Sechste Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG des Rates)

Artikel 1

- **Ziel**

1. **Ziel dieser Richtlinie ist der Schutz der Arbeitnehmer gegen die Gefährdung ihrer Gesundheit und Sicherheit, die aus einer Exposition gegenüber Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen bei der Arbeit entsteht oder entstehen kann, einschließlich der Vorbeugung**.

In ihr werden die einschlägigen Mindestvorschriften einschließlich Grenzwerte festgelegt.

...

1. Die Richtlinie 89/391/EWG findet auf den gesamten in Absatz 1 genannten Bereich in vollem Umfang Anwendung, unbeschadet strengerer und/oder spezifischer Bestimmungen der vorliegenden Richtlinie.

Artikel 2

- **Definitionen**

Im Sinne dieser Richtlinie bedeutet

a) **„Karzinogen"**

- **einen Stoff oder ein Gemisch, der bzw. das die in Anhang I der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates (1) genannten Kriterien für die Einstufung als krebserzeugender Stoff der Kategorie 1A oder 1B erfüllt**;
- einen Stoff, ein Gemisch oder ein Verfahren, der bzw. das in Anhang I dieser Richtlinie aufgeführt ist, sowie einen Stoff oder ein Gemisch, der bzw. das durch ein in diesem Anhang genanntes Verfahren freigesetzt wird;

...

a) **„Grenzwert"**,

sofern nicht anders angegeben, den Grenzwert des zeitlich gewogenen Mittelwerts der Konzentration für ein Karzinogen, ein Mutagen oder einen reproduktionstoxischen Stoff in der Luft im Atembereich eines Arbeitsnehmers innerhalb eines in An hang III angegebenen Referenzzeitraums;

...

a) **„Gesundheitsüberwachung "**,

die Beurteilung eines einzelnen Arbeit nehmers, um seinen Gesundheitszustand im Zusammenhang mit der Exposition gegenüber bestimmten Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen bei der Arbeit festzustellen.

Artikel 3

- **Anwendungsbereich — Ermittlung und Bewertung der Gefahren**

1. **Diese Richtlinie gilt für Tätigkeiten, bei denen Arbeitnehmer aufgrund ihrer Arbeit Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen ausgesetzt sind oder sein können**.

2. **Für jede Tätigkeit, bei der eine Exposition gegenüber Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen auftreten kann, werden die Art, das Ausmaß und die Dauer der Exposition der Arbeitnehmer ermittelt, damit alle Gefährdungen für die Sicherheit und die Gesundheit der Arbeitnehmer bewertet und entsprechende Maßnahmen festgelegt werden können**.
3. Diese Bewertung wird in regelmäßigen Abständen und auf jeden Fall bei jeder Änderung der Bedingungen, die sich auf die Exposition der Arbeitnehmer gegenüber Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen auswirken können, erneut vorgenommen.
4. **Der Arbeitgeber muss den zuständigen Behörden auf Aufforderung die dieser Bewertung zugrunde liegenden Kriterien mitteilen**.
5. **Bei der Risikobewertung sind alle sonstigen Expositionswege, z. B. Aufnahme in und/oder über die Haut, zu berücksichtigen**.
6. **Die Arbeitgeber widmen bei der Risikobewertung etwaigen Auswirkungen auf die Sicherheit oder die Gesundheit besonders gefährdeter Arbeitnehmer besondere Aufmerksamkeit und berücksichtigen unter anderem, ob es sich empfiehlt, diese Arbeitnehmer nicht in Bereichen zu beschäftigen, in denen sie mit Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen in Berührung kommen können**.

KAPITEL II

PFLICHTEN DER ARBEITGEBER

Artikel 4

- **Verringerung und Ersatz**

1. **Der Arbeitgeber verringert die Verwendung eines Karzinogens, Mutagens oder reproduktionstoxischen Stoffes am Arbeitsplatz, insbesondere indem er es bzw. ihn, soweit technisch möglich, durch Stoffe, Gemische oder Verfahren ersetzt, die bei ihrer Verwendung bzw. Anwendung nicht oder weniger gefährlich für die Gesundheit bzw. die Sicherheit der Arbeitnehmer sind**.
2. Der Arbeitgeber teilt der zuständigen Behörde auf Anforderung das Ergebnis seiner Untersuchungen mit.

Artikel 5

- **Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung einer Exposition**

1. **Ergibt sich aus den Ergebnissen der in Artikel 3 Absatz 2 vorgesehenen Bewertung ein Risiko für die Sicherheit oder die Gesundheit der Arbeitnehmer, so muss die Exposition der Arbeitnehmer vermieden werden**.
2. Ist die Substitution des Karzinogens, Mutagens oder reproduktionstoxischen Stoffs durch Stoffe, Gemische oder Verfahren, die bei ihrer Verwendung bzw. Anwendung nicht oder weniger gefährlich für die Sicherheit und die Gesundheit sind, technisch nicht möglich, so sorgt der Arbeitgeber dafür, dass das Karzinogen, das Mutagen oder der reproduktionstoxische Stoff, soweit technisch möglich, in einem geschlossenen System hergestellt und verwendet wird.
3. **Ist die Anwendung eines geschlossenen Systems technisch nicht möglich, so sorgt der Arbeitgeber dafür, dass die Exposition der Arbeitnehmer gegenüber dem Karzinogen, Mutagen oder reproduktionstoxischen Stoff ohne Schwellenwert auf das geringste technisch mögliche Niveau verringert wird.**
4. **Die Exposition darf die in Anhang III festgelegten Grenzwerte für Karzinogene, Mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe nicht überschreiten**.
5. **In all den Fällen, in denen ein Karzinogen, ein Mutagen oder ein reproduktionstoxischer Stoff verwendet wird, wendet der Arbeitgeber alle folgenden Maßnahmen an:**

a) **Begrenzung der Mengen von Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen am Arbeitsplatz**;

b) **Begrenzung der Zahl der Arbeitnehmer, die exponiert werden oder exponiert werden können, auf das geringstmögliche Maß**;

c) **Gestaltung der Arbeitsverfahren und der technischen Maßnahmen mit dem Ziel, am Arbeitsplatz die Freisetzung von Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen zu vermeiden oder möglichst gering zu halten**;

d) **Abführung der Karzinogene, Mutagene oder reproduktionstoxischen Stoffe an der Quelle, lokale Absaugvorrichtung oder allgemeine Lüftungsanlage, wobei alle diese Methoden mit dem erforderlichen Schutz der öffentlichen Gesundheit und der Umwelt vereinbar sein müssen**;

e) **Anwendung vorhandener geeigneter Messverfahren für Karzinogene, Mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe, insbesondere zur frühzeitigen Ermittlung anormaler Expositionen infolge eines unvorhersehbaren Ereignisses oder eines Unfalls**;

f) Anwendung geeigneter Arbeitsverfahren und -methoden;

g) kollektive und/oder — dort, wo eine andere Lösung zur Vermeidung einer Exposition nicht möglich ist — individuelle Schutzmaßnahmen;

h) **Hygienemaßnahmen, insbesondere die regelmäßige Reinigung der Böden, Wände und anderer Oberflächen**;

i) **Unterrichtung der Arbeitnehmer**;

j) **Abgrenzung der Gefährdungenbereiche und Anbringung von geeigneten Warn- und Sicherheitszeichen, einschließlich des Zeichens „Rauchen verboten", in Bereichen, in denen die Arbeitnehmer Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen ausgesetzt sind oder ausgesetzt sein können**;

k) Vorkehrungen für Notfälle, in denen anormal hohe Expositionswerte auftreten können;

l) **Gewährleistung einer sicheren Lagerung, Handhabung und Beförderung, unter anderem durch Verwendung hermetisch verschließbarer und klar, eindeutig und sichtbar gekennzeichneter Behälter**;

m) **Gewährleistung der Sicherheit beim Sammeln sowie bei der Lagerung und der Beseitigung des Abfalls durch die Arbeitnehmer, unter anderem durch Verwendung hermetisch verschließbarer und klar, eindeutig und sichtbar gekennzeichneter Behälter**.

Artikel 6

- **Unterrichtung der zuständigen Behörde**

Wenn die Ergebnisse der in Artikel 3 Absatz 2 vorgesehenen Bewertung ein Risiko für die Sicherheit oder die Gesundheit der Arbeitnehmer erkennen lassen, müssen die Arbeitgeber der zuständigen Behörde auf Anforderung sachdienliche Informationen über Folgendes zur Verfügung stellen:

a) durchgeführte Tätigkeiten und/oder angewandte industrielle Verfahren einschließlich der Gründe für die Verwendung von Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen;

b) Menge der hergestellten oder verwendeten Stoffe oder Gemische, die Karzinogene, Mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe enthalten;

c) Zahl der exponierten Arbeitnehmer;

d) getroffene Vorbeugungsmaßnahmen;

e) Art der zu verwendenden Schutzausrüstung;

f) Art und Grad der Exposition;

g) **Fälle von Substitution**.

Artikel 7

- **Unvorhersehbare Exposition**

1. **Bei einem unvorhersehbaren Ereignis** oder einem Unfall, der **eine anormale Exposition der Arbeitnehmer bedingen könnte, unterrichtet der Arbeitgeber die Arbeitnehmer**.

2. **Bis der Normalzustand wieder eingetreten ist und solange die Ursachen der anormalen Exposition nicht beseitigt sind,**

a) **haben nur die für Reparaturen und sonstige notwendige Arbeiten benötigten Arbeitnehmer Zugang zu dem betroffenen Bereich**;

b) **werden den betreffenden Arbeitnehmern Schutzkleidung und Atemschutzgeräte zur Verfügung gestellt, die sie tragen müssen; die Exposition darf nicht von unbegrenzter Dauer sein und ist für jeden Arbeitnehmer auf das unbedingt erforderliche Mindestmaß zu beschränken**;

c) **dürfen Arbeitnehmer ohne Schutzausrüstung nicht in dem betroffenen Bereich arbeiten**.

Artikel 8

- **Vorhersehbare Exposition**

1. **Bei bestimmten Tätigkeiten, z. B. Wartungsarbeiten, bei denen die Möglichkeit einer beträchtlichen Erhöhung der Exposition der Arbeitnehmer vorherzusehen ist und bei denen jede Möglichkeit weiterer technischer Vorbeugungsmaßnahmen zur Begrenzung dieser Exposition bereits ausgeschöpft wurde, legt der Arbeitgeber nach Konsultierung der Arbeitnehmer und/oder ihrer Vertreter in dem Unternehmen oder Betrieb unbeschadet der Verantwortlichkeit des Arbeitgebers die erforderlichen Maßnahmen fest, um die Dauer der Exposition der Arbeitnehmer so weit wie möglich zu verkürzen und den Schutz der Arbeitnehmer während dieser Tätigkeiten zu gewährleisten**.

   In Anwendung von Unterabsatz 1 werden den betreffenden Arbeitnehmern Schutzkleidung und Atemschutzgeräte zur Verfügung gestellt, die sie während der gesamten Dauer der anormalen Exposition tragen müssen; diese darf nicht von unbegrenzter Dauer sein und ist für jeden Arbeitnehmer auf das unbedingt erforderliche Mindestmaß zu beschränken.

2. **Es werden geeignete Maßnahmen ergriffen, um die Bereiche, in denen die in Absatz 1 Unterabsatz 1 genannten Tätigkeiten ausgeführt werden, klar abzugrenzen und kenntlich zu machen oder um mit anderen Mitteln zu verhindern, dass Unbefugte sich Zugang zu diesen Bereichen verschaffen**.

Artikel 9

- **Zugang zu den Gefahrenbereichen**

Die Arbeitgeber treffen geeignete Maßnahmen, um zu gewährleisten, dass die Bereiche, in denen die Tätigkeiten ausgeführt werden, für die die Ergebnisse der in Artikel 3 Absatz 2 vorgesehenen Bewertung ein Risiko für die Sicherheit oder die Gesundheit der Arbeitnehmer erkennen lassen, nur den Arbeitnehmern zugänglich sind, die sie zur Ausübung ihrer Arbeit oder zur Durchführung bestimmter Aufgaben betreten müssen.

Artikel 10

- **Hygienemaßnahmen und individuelle Schutzmaßnahmen**

1. **Die Arbeitgeber sind verpflichtet, für die Tätigkeiten, bei denen die Gefährdung einer Kontamination durch**

Karzinogene, Mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe besteht, geeignete Maßnahmen zu treffen, mit denen sichergestellt wird, dass:

a) die Arbeitnehmer in den Arbeitsbereichen, in denen die Gefährdung einer Kontamination durch Karzinogene, Mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe besteht, weder essen noch trinken noch rauchen;

b) den Arbeitnehmern geeignete Schutzkleidung oder sonstige geeignete Spezialkleidung zur Verfügung gestellt wird;

c) getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für die Arbeits- oder Schutzkleidung einerseits und die Straßenkleidung andererseits vorgesehen werden;

d) den Arbeitnehmern geeignete und angemessene Toiletten und Waschgelegenheiten zur Verfügung gestellt werden;

e) die Schutzausrüstungen an einem dafür vorgesehenen Ort sachgerecht aufbewahrt und nach Möglichkeit vor Gebrauch, in jedem Fall jedoch nach jedem Gebrauch, überprüft und gereinigt werden;

f) schadhafte Schutzausrüstungen vor erneutem Gebrauch ausgebessert oder ausgetauscht werden.

2. Die Kosten für die Maßnahmen gemäß Absatz 1 dürfen nicht zulasten der Arbeitnehmer gehen.

Artikel 11

- Unterrichtung und Unterweisung der Arbeitnehmer

1. Der Arbeitgeber trifft geeignete Maßnahmen, um zu gewährleisten, dass die Arbeitnehmer und/oder ihre Vertreter im Unternehmen oder Betrieb, insbesondere in Form von Informationen und Anweisungen, eine ausreichende angemessene Unterweisung auf der Grundlage aller verfügbaren Auskünfte erhalten in Bezug auf

a) mögliche Gefahren für die Gesundheit, einschließlich der zusätzlichen Risiken durch Tabakkonsum;

b) Maßnahmen, die zur Verhütung einer Exposition zu ergreifen sind;

c) Hygienevorschriften;

d) das Tragen und Benutzen von Schutzausrüstung und Schutzkleidung;

e) Maßnahmen, die von den Arbeitnehmern, insbesondere von den Rettungsmannschaften, bei Zwischenfällen und zur Verhütung von Zwischenfällen zu treffen sind.

Diese Unterweisung muss

— neue oder veränderte Gefährdungen berücksichtigen, insbesondere wenn Arbeitnehmer tatsächlich oder wahrscheinlich neuen Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen oder mehreren verschiedenen Karzinogenen, Mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffen, auch solchen, die in gefährlichen Arzneimitteln enthalten sind, ausgesetzt sind oder wenn sich die Umstände im Zusammenhang mit der Arbeit ändern,

...

— in anderen Rahmen erforderlichenfalls regelmäßig wiederholt werden

...

Die Richtlinie 2004/37/EG legt für krebserzeugende oder mutagene Arbeitsstoffe einen vorrangigen Minimierungsgrundsatz fest.

Das bedeutet, dass die Exposition gegenüber diesen Stoffen in allen EU-Mitgliedstaaten so weit wie technisch möglich gesenkt werden muss – unabhängig von nationalen Besonderheiten oder Grenzwerten.

Ein festgelegter Grenzwert ist dabei nicht als „Sicherheitszone" zu verstehen, in der unterhalb dieses Wertes auf weitergehende Maßnahmen verzichtet werden kann.

Vielmehr bleibt das Ziel stets, die Belastung weiter zu minimieren, selbst wenn der Grenzwert bereits unterschritten wird.

Alle Mitgliedsländer der EU müssen mindestens die EU-Direktiven umsetzen, können diese aber noch betreffend Grenzwerte und zusätzlichen Vorschriften noch verschärfen; somit gilt die Minimierungspflicht in allen EU-Ländern.

In Frankreich und den Niederlanden gilt ein Arbeitsplatzgrenzwert von 1 µg/m³, für Deutschland gilt der bereits beschriebene Beurteilungsmaßstab von 1 µg/m³, der der Toleranzkonzentration (Risiko 4:1.000) entspricht; eine Akzeptanzkonzentration ist für Chrom(VI)-Verbindungen nicht festgelegt.

Bezogen auf die 2004/37/EU-Direktive kommt die deutsche ERB-Berechnung dem Minimierungsgebot also am nächsten, aber auch in Ländern, die ab 2025 den „Arbeitsplatzgrenzwert" von 5 µg/m³ übernehmen, bedeutet eine Expositionskonzentration unter 5 µg/m³ nicht, dass seitens der Arbeitgeber bzw. Betreiber keine weiteren Maßnahmen ergriffen werden müssen, denn es gilt weiterhin das gesamteuropäische Minimierungs- bzw. bestenfalls Verhinderungsgebot.

Es ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren auch in den anderen Ländern das „deutsche Modell" adaptiert wird.

Auch für die Motoren-, Turbinen-, Aggregate- und Abgaskomponentenhersteller muss die 2004/37/EU gesamteuropäisch betrachtet werden, somit ist es mandatorisch, die eigenen Erzeugnisse so auszustatten, dass sie keine krebserregenden und umweltschädlichen Chromate entstehen lassen.

Dass die technischen Anlagen im Auslieferzustand keine Chromate enthalten, kann aber bedeuten, dass sie ab der Inbetriebnahme Chromate entstehen lassen und somit gilt auch für die Hersteller das bindende Minimierungsgebot.

10.2 Für Bereiche außerhalb der EU

Vereinigtes Königreich (GB/UK)

Vor dem Brexit unterlag Großbritannien wie alle EU-Mitgliedstaaten den Vorgaben der Richtlinie 2004/37/EG.

Nach dem Austritt aus der EU gilt insbesondere die Richtlinie der britischen „Health & Safety Executive (HSE), welche im Regelbuch

„Control of substances hazardous to health

The Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (as amended) an Approved Code of Practice and guidance",

Niedergeschrieben ist und genau wie die europäische 2004/37/EG verlangt, dass die Minimierung der Exposition gegenüber krebserzeugenden und mutagenen Stoffen (KMR-Stoffe), soweit technisch und organisatorisch möglich, oberste Priorität im Arbeits- und Umweltschutz hat.

Heute setzt Großbritannien weiterhin auf ein Prinzip, das dem Minimierungsgedanken sehr ähnlich ist: das sogenannte ALARP-Prinzip (As Low As Reasonably Practicable).

Dieses Konzept fordert, die Belastungen durch gefährliche Stoffe auf ein Niveau zu reduzieren, das so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar ist, unter Berücksichtigung der technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Umsetzbarkeit.

Somit bleibt auch nach dem Brexit ein starker Fokus auf die Reduktion der Exposition gegenüber KMR-Stoffen bestehen, vergleichbar mit den Anforderungen, die früher direkt aus der 2004/37/EG abgeleitet wurden.

Die ALARP-Prinzipien sind nicht als eigenständiges „ALARP-Gesetz" für KMR-Stoffe niedergeschrieben, sondern ergeben sich aus dem allgemeinen Rechts- und Regelwerk, das in Großbritannien für den Umgang mit Gefahrstoffen gilt, insbesondere für karzinogene, mutagene und reproduktionstoxische Stoffe. Grundlegend ist hier die Übertragung der Minimierungspflichten aus der früher geltenden EU-Richtlinie 2004/37/EG in das britische Recht nach dem Brexit.

Konkret findet man Hinweise zur Anwendung des ALARP-Prinzips vor allem in den Veröffentlichungen und Leitlinien der britischen Health and Safety Executive (HSE). Relevante Quellen sind unter anderem:

1. **COSHH (Control of Substances Hazardous to Health) Regulations** und dazugehörige HSE-Leitlinien:

   In diesen Bestimmungen und den dazugehörigen Guidance-Dokumenten (z. B. dem ACOP L5) wird zwar nicht explizit von „ALARP-Regeln" für KMR-Stoffe gesprochen, jedoch wird das grundsätzliche Minimierungsgebot und die Pflicht zur Risikoreduktion auf ein vertretbares Maß (ALARP) deutlich.
2. **HSE Guidance on ALARP (As Low As Reasonably Practicable)**:

   Die HSE hat allgemeine Erläuterungen zum ALARP-Konzept veröffentlicht, die branchenübergreifend gelten. Diese verdeutlichen, wie Arbeitgeber die Machbarkeit von Schutzmaßnahmen gegen die Risiken durch KMR-Stoffe bewerten und welche Maßnahmen zum Erreichen eines ALARP-Status sinnvoll sind.
3. **Reducing Risks, Protecting People (R2P2)**:
   In diesem HSE-Grundlagendokument zur Risikoabschätzung und Entscheidungsfindung sind die Prinzipien, die auch für den Umgang mit KMR-Stoffen herangezogen werden, ausführlich beschrieben.

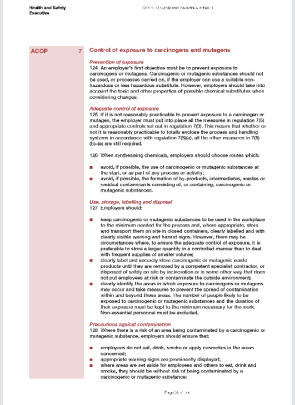
Kurz gesagt:

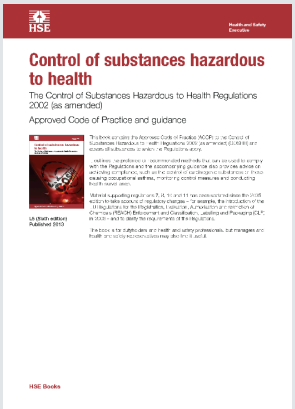
ALARP als Prinzip findet sich in den einschlägigen HSE-Richtlinien, insbesondere im Kontext der COSHH-Regelungen und den grundlegenden ALARP-Leitlinien der HSE.

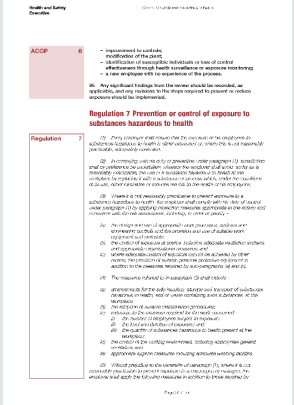
Die eigentliche Verortung der ALARP-Philosophie für KMR-Stoffe ergibt sich damit aus dem Zusammenspiel des britischen Gefahrstoffrechts und der allgemeinen HSE-Leitlinien zum ALARP-Grundsatz.

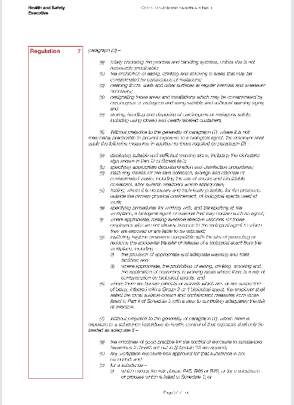
Control of substances hazardous to health (COSHH)

ACOP 7









Genehmigte Verhaltenskodizes (Approved Codes of Practice, ACOPs) sind Dokumente, die von der britischen Arbeitsschutzbehörde **(HSE)** herausgegeben werden und praktische Anleitungen zur Einhaltung spezifischer Vorschriften enthalten.

Was sind die 8 COSHH-Grundsätze?

Grundsätze guter Kontrollpraktiken

- **Minimierung von Emissionen, Freisetzungen und Ausbreitung.**
- **Berücksichtigung von Expositionswegen.**
- **Auswahl von Kontrollmaßnahmen, die dem Risiko angemessen sind.**
- **Auswahl wirksamer Kontrolloptionen.**
- **Persönliche Schutzausrüstung – die letzte Kontrolloption.**
- **Überprüfung der Wirksamkeit von Kontrollen.**
- **Bereitstellung von Informationen und Schulungen.**

Die weltweit angenommene und als ausreichend angesehene Maßnahme, einfach einen Schutzanzug (PPE) zu verwenden, beruht auf falschen Auslegungen von Vorschriften und Gesetzen.

- **Die persönliche Schutzausrüstung ist dann als Maßnahme anzuwenden, wenn alle anderen Maßnahmen (noch) nicht zu einem Erfolg geführt haben; Ziel aller Maßnahmen ist es aber, -durch Eliminierung der Exposition (dermal und inhalativ) den Schutzanzug zukünftig nicht mehr einsetzen zu müssen!**

Literaturverzeichnis

1. **Studien:**
   - Wu, Y. et al., *The formation mechanism and thermal stability of $CaCrO_4$*, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 514 (2020).
   - Mao, H. et al., *The role of temperature on CrVI formation during heating of Cr in the presence of CaO*, Chemosphere 138 (2015).
   - Miyauchi, H. et al., *The formation of Cr (VI) compounds at the interface between metal and heat-insulating material*, J. Ceram. Soc. Jpn. 123 (2015).
2. **Warnmeldungen:**
   - **Innio Jenbacher Ges. mbH & Co.:** Technische Anweisung TA 2300-0025
   - **MAN Trucks and Bus SE:** Service-Merkblatt 8339SM CrVI
   - **Caterpillar Energy Solutions GmbH:** Technisches Rundschreiben Chrom(VI)
   - **BG ETEM:** Fachinformation „Chrom(VI)"
   - **Freistaat Thüringen, LV Verbraucherschutz:** Chrom(VI)-Exposition bei der Wartung und Reparatur von Turbinen und Motoren
3. **Rechtliche Grundlagen:**
   - CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008
   - REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006
   - European Chemicals Agency (ECHA): Beschränkungsvorschlag nach Anhang XV REACH für Chrom(VI)-Stoffe, April 2025; Stellungnahme RAC vom 1. Juni 2026, Entwurf SEAC vom 11. Juni 2026
   - Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH), Artikel 3 Nummer 24, Begriffsbestimmung „Verwendung"
   - Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) vom 26. November 2010, zuletzt geändert am 17. Dezember 2025, §§ 2, 6, 7, 8, 9, 10, 10a, 18
   - Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)
4. **Technische Regeln:**
   - **TRGS 400:** Gefährdungsbeurteilung
   - **TRGS 510:** Lagerung von Gefahrstoffen
   - **TRGS 561:** Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen, Fassung vom 4. Mai 2026, Abschnitte 3.3.4, 4.1, 4.2 und 5.9.3
   - **TRGS 600:** Substitution
   - **TRGS 900:** Arbeitsplatzgrenzwerte
   - **TRGS 910:** Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen
5. **Gestis-Datenbank:**
   - Datenblätter für **Calciumchromat**, **Natriumchromat**, **Chrom(VI)-** und **Chrom(III)-Verbindungen**.
6. **Weitere Verweise:**
   - MAK- und BAT-Werteliste der DFG (2024)
   - EU-Richtlinie 2004/37/EG
   - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA): Chrom(VI)-Verbindungen, Beurteilungsmaßstäbe nach TRGS 910 und TRGS 561

Versionsverlauf

Version	Datum	Änderung
1.0	Dezember 2024	Erstfassung
1.1	November 2026	Neusatz im Gestaltungssystem der Chromatexperten; Schreibweise Chrom(VI) vereinheitlicht; Kapitelnummer 9 der Schlussfolgerungen in 10 geändert (10.1, 10.2). Aktualisierung: Einheit des EU-Grenzwerts berichtigt (0,005 mg/m³). Risikokonzept für Chrom(VI) nach geltender Rechtslage dargestellt: keine Akzeptanzkonzentration, Beurteilungsmaßstab 1 µg/m³ nach TRGS 910 und TRGS 561 (4.1, 4.2, 5.1.4, 8.1, 10.1). Verweise auf die Gefahrstoffverordnung in der Fassung vom 17. Dezember 2025 angepasst (4.3.1, 5.1, 8.2, 9). TRGS 561 in der Fassung vom 4. Mai 2026 aufgenommen (4.3.4). REACH-Beschränkungsverfahren für Chrom(VI)-Stoffe aufgenommen (10.1). Literaturverzeichnis ergänzt. Schreibweisen berichtigt (µg/m³, Technische Regeln für Gefahrstoffe).