Veiligheid voor mens en milieu

Chromaten op de werkplek door het gebruik van thermische isolatie die (aard)alkalisch metaaloxide bevat

Vervangen om het leven te beschermen

door Markus Sommer

Olesnica, december 2024

Versie 1.1 · november 2026

Voorwoord

Dit artikel is gewijd aan een zeer actueel en explosief onderwerp: de **vorming** en **effecten** van **chroom(VI)-verbindingen op de werkplek** door het **gebruik van thermische isolatie die (aard)alkalisch metaaloxide bevat**.

Het is bedoeld voor alle verantwoordelijken in de industrie, gezondheid en veiligheid op het werk, onderzoek en ontwikkeling.

Het doel is om bestaande misverstanden uit de weg te ruimen en de weg te wijzen naar oplossingen voor de lange termijn.

Een veel voorkomende misvatting betreft de grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling, die vaak ten onrechte wordt gezien als een soort veilige drempelwaarde.

Voor chroom(VI)-verbindingen, zoals voor alle kankerverwekkende stoffen, is er namelijk geen toxicologische drempel waaronder een gevaar kan worden uitgesloten.

Het is daarom van essentieel belang om mogelijke blootstelling tot een minimum te beperken, voor zover dit technisch en organisatorisch haalbaar is.

Een ander misverstand betreft de beschermende maatregelen.

Persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals beschermende pakken of adembescherming, mogen nooit worden gezien als de enige of langdurige oplossing. Het kan slechts een tijdelijke oplossing zijn, terwijl er duurzamere benaderingen worden ontwikkeld en geïmplementeerd.

De kern van alle inspanningen is **de vervanging van gevaarlijke stoffen**, wat niet alleen **een wettelijke verplichting** is, maar ook **het uiteindelijke doel** om **blootstelling aan chromaten permanent te voorkomen**.

Hoewel dit pad complex en uitdagend is, **blijft het de enige echt duurzame aanpak**.

Vervanging is echter een proces dat niet van de ene op de andere dag kan worden geïmplementeerd. Kortetermijnmaatregelen, zoals neutralisatie of technische beschermingsoplossingen, moeten daarom parallel worden nagestreefd, zonder het einddoel uit het oog te verliezen.

Deze publicatie heeft tot doel het bewustzijn van de bestaande uitdagingen te vergroten, maar ook om oplossingen te tonen over hoe **zowel de gezondheid van werknemers als** het milieu duurzaam kunnen worden beschermd **door** de consistente implementatie van het STOP-principe (Substitutie, Technische, Organisatorische en Persoonlijke Beschermingsmaatregelen).

Met dit voorwoord nodigen we je uit om kritisch te kijken naar de gepresenteerde bevindingen en aanbevelingen voor actie en samen te werken aan een veilige, duurzame en verantwoorde werkomgeving.

Olesnica, december 2024

Markus Sommer
De Chromaatexperts



Introductie

De geschiedenis van industriële isolatie wordt gekenmerkt door innovaties, maar ook door fouten, waarvan de gevolgen vaak pas jaren later duidelijk werden.

Nadat asbestisolatie als kankerverwekkend werd erkend en uiteindelijk werd verboden, werden vervangende producten zoals minerale vezels, glasweefsels en calciumsilicaatproducten lang als onschadelijk beschouwd.

De huidige bevindingen en waarschuwingen tonen echter aan dat deze veronderstelling onjuist is.

Hogetemperatuurisolatiematerialen die (aard)alkalische metaaloxiden zoals calciumoxide of natriumoxide bevatten, kunnen kankerverwekkende en chronisch milieubelastende chroom(VI)-verbindingen (chromaten) vormen in thermochemische reacties met chroom(III)-verbindingen in roestvrijstalen legeringen of ingebouwde roestvrijstalen versterkingen, **waaronder calcium en/of natriumchromaat**, in het bijzonder **calcium** en/of **natriumchromaat**.

Bijzonder getroffen zijn de hogetemperatuurisolatie van zogenaamde **warmtekrachtkoppelingscentrales** of andere **energieopwekkingseenheden**, evenals hun inlaten en uitlaten, maar ook **componenten van de uitlaatgasnabehandeling** van **verbrandingsmotoren**.

De auto-industrie **wordt hier onvermijdelijk ook door beïnvloed** , omdat bijna alle thermisch geïsoleerde hete onderdelen van het voertuig chroomcomponenten hebben en zuurstofopen zijn met isolatie die (aard)alkalisch metaaloxide bevat, en de permanente temperatuur ligt in het temperatuurbereik waarin met name de hoge oxidatie van driewaardige chroomverbindingen kan plaatsvinden (300-800 °C).

Ook gas- **of** stoomturbines **in elektriciteitscentrales** of **afvalverbrandingsinstallaties** zijn uitgerust met de genoemde isolatiematerialen.

Het probleem van chromaatvorming bestaat dus **wereldwijd** en omvat zowel **transportvoertuigen** als **scheepvaart- of spoorverkeer**, op voorwaarde dat de aandrijving **wordt uitgevoerd met** verbrandingsmotoren.

Dit document behandelt de basisprincipes van de thermochemische **vorming van chroom(VI)-verbindingen**, **onderbouwt deze** met technische of **wetenschappelijke studies** van de afgelopen jaren, beschrijft gezondheidsschade veroorzaakt door huid- en inademingscontact met chroom(VI) en gaat vervolgens over tot de **beroeps- en milieubeoordelingen** op basis van **Richtlijn 2004/37/EG** die in Duitsland wordt geïmplementeerd op basis van de Duitse **verordening inzake gevaarlijke stoffen** (GefStoffV) en de bijbehorende **Technische regels voor gevaarlijke stoffen** (TRGS) (voor het VK: **COSHH** "Control of Substances Hazardous to Health").

Alle gebruikte bronnen zijn state-of-the-art en kunnen rechtstreeks worden geraadpleegd bij de volgende instanties en instellingen:

EU: Verenigd Koninkrijk:

1. Waarschuwingen van fabrikanten en autoriteiten (uittreksel)

De urgentie van dit probleem wordt onderstreept door een reeks waarschuwingen van toonaangevende bedrijven en instellingen:

- **Innio Jenbacher Ges. mbH & Co. Jenbach, Oostenrijk**
  Technische instructie TA 2300-0025 d.d. 31.10.2023

  "... Chroom-6 (chroom in oxidatietoestand 6, kortweg Cr-6) wordt gevormd uit chroomhoudende staalsoorten in aanwezigheid van calcium (bijv. uit het isolatiemateriaal) en zuurstof bij temperaturen boven 400 °C.

  Cr-6 kan ... is als gelig poeder te vinden op de betreffende motoronderdelen of in het isolatiemateriaal. Cr-6 heeft de vorm van een niet-vluchtig poeder.

  Om de vervuiling van de ademlucht zo laag mogelijk te houden, moeten de in deze instructie beschreven werkmethoden strikt worden nageleefd (bijv. het opwaaien van stof bij het werken met gebruikt isolatiemateriaal moet ten koste van alles worden voorkomen)."

- **MAN Trucks & Bus SE, Augsburg, Duitsland**
  Kennisgeving technische informatie 8339SM d.d. 13.12.2023

  "... Onder bepaalde omstandigheden kan calciumchromaat CaCrO4 tijdens bedrijf worden gevormd uit bestaande componenten. Dit zijn:

  - Chroomhoudend staal (bv. op uitlaatsystemen) in contact met
  - Calciumhoudende verbindingen (bijv. in isolatiematten of montagepasta's)
  - bij temperaturen > 300°C en in aanwezigheid van zuurstof

  Vanwege deze omstandigheden is het voorkomen van chroom(VI)-verbindingen bij voorkeur te verwachten op – maar niet beperkt tot – componenten in het gebied van het uitlaatkanaal of de uitlaatgasnabehandeling.

  Er moeten passende beschermende maatregelen worden genomen, vooral bij werkzaamheden aan deze onderdelen in het kader van reparatie of onderhoud."

- **BG ETEM**
  Samenvatting van productspecificaties d.d. 10.03.2023Mogelijke blootstelling aan chroom(VI) door contact van chroomgelegeerd staal met materialen die alkali en aardalkalimetalen bevatten in elektriciteitscentrales Chroom(VI)

  Probleem:

  Het contact van chroomgelegeerd staal met alkalische en aardalkalimetalen (calcium, magnesium, natrium en kalium), isolatiematerialen van minerale wol of montagepasta's leidt tot de vorming van kankerverwekkende chromaten (chroom(VI)-verbindingen) bij temperaturen tussen ca. 350 – 800 °C.

  Gevaar:

  Deze kankerverwekkende chroom(VI)-verbindingen (categorie 1B) kunnen de luchtwegen irriteren en de huid sensibiliseren. Bij acuut huidletsel kunnen sommige chroom(VI)-verbindingen na contact leiden tot ernstige huidzweren. Een mogelijk risico voor werknemers kan dus zowel bij inademing, via de lucht op de werkplek, als bij dermaal, door direct contact met de huid, bestaan.

  Zo kunnen bijvoorbeeld elektriciteitscentrales (kolencentrales, houtsnippercentrales, gas- en biomassacentrales, warmtekrachtcentrales en warmtecentrales), afvalverbrandingsinstallaties en chemische industriële installaties, maar ook industriële ovens en onderdelen van stationaire noodstroomgeneratoren worden getroffen. Benadrukt de noodzaak om calciumhoudende materialen te vermijden om de vorming van kankerverwekkende chromaten te voorkomen.

Verdere waarschuwingen van motorfabrikanten, zoals Zeppelin Power Systems (CAT) of regionale verenigingen, zijn te vinden in de bibliografie

2. Chemische basis van chromaatvorming

2.1 Experimentele bevestigingen en chemische achtergrond

De vorming van chroom(VI)-verbindingen zoals calciumchromaat ($CaCrO_4$) en natriumchromaat (Na_2CrO_4) vindt plaats onder specifieke thermodynamische omstandigheden.

De vorming van chromaten vindt plaats door de oxidatie van chroom(III)-verbindingen in aanwezigheid van calciumoxide of natriumoxide en zuurstof:

- **Oxidatie van chroom**:

Chroom in de legering van roestvast staal wordt bij hoge temperaturen door zuurstof geoxideerd tot chroom(III)oxide (Cr_2O_3):

$$4Cr + 3O2 \longrightarrow 2\ Cr2O3$$

- **Vorming van calciumchromaat**:

De chroom(III)-verbindingen reageren thermochemisch bij hoge temperaturen tot calciumchromaat:

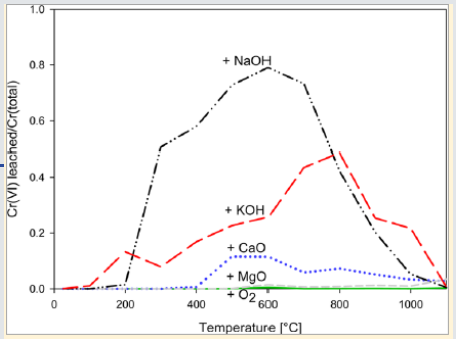
$$2Cr3+ + 3CaO + O\ 3/2\ _2 \longrightarrow 2\ CaCrO4$$

- **Vorming van natriumchromaat:**

De chroom(III)-verbindingen reageren thermochemisch bij hogere temperaturen om natriumchromaat te vormen:

$$2Cr3+ + 3Na2O+ + O\ 3/2\ _2 \longrightarrow 2Na2CrO4$$

Oxiderende omgevingen bevorderen deze reacties, vooral in het temperatuurbereik van 300-800 °C.



2.2 Wetenschappelijke bevindingen en industrieel onderzoek

- **Het onderzoek**

"Het vormingsmechanisme en de thermische stabiliteit van $CaCrO_4$"

bewijst dat calciumchromaat kan worden gebruikt bij temperaturen van ca. **300 °C** en blijft thermisch stabiel boven **800 °C**; deze stabiliteit maakt het bijzonder problematisch omdat de verbinding in de werkomgeving persistent blijft.

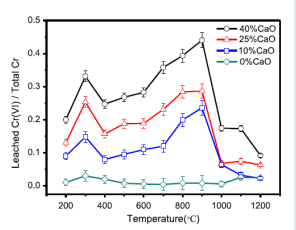
Bron: Yingjiang Wu et al. 2020, IOP Conf. Ser.: Earth Eviron. Sci. 514052024

- **De studie**

"De rol van temperatuur op Cr (VI) vorming tijdens verhitting van Cr in aanwezigheid van CaO"

toont aan dat de vorming van chroom(VI)-verbindingen recht evenredig is met de temperatuur en het zuurstofgehalte; hoge temperaturen en een oxiderende atmosfeer zijn de belangrijkste aanjagers van de reactie.

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

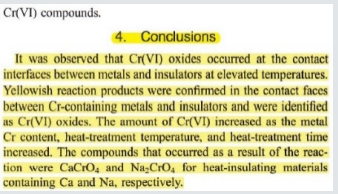


2.3 Industrieel onderzoek

- **De studie**

"De vorming van Cr (VI) verbindingen op het grensvlak tussen metaal en warmte-isolerend materiaal"

Onderzoekt de vorming van chroom(VI)-verbindingen aan het contactoppervlak tussen chroomhoudende metalen en thermisch isolerende materialen bij verhoogde 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.

De resultaten tonen aan dat **gelige reactieproducten**, geïdentificeerd als **chroom(VI)-verbindingen**, zich vormen op de contactvlakken van de isolatiematerialen.

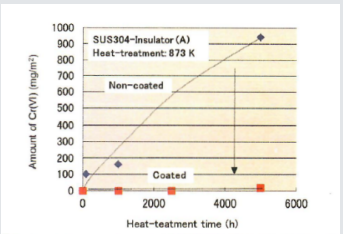


Fig. 10. Relationship between heat-treatment time and amount of Cr(VI) that occurred at 873 K for the combination of coated SUS304 and insulator (A) and the combination of non-coated SUS304 and insulator (A).

De hoeveelheid gevormde chroom(VI)-verbindingen neemt toe bij

toenemende temperatuur,

langere behandelingstijd en

hoger chroomgehalte van het metaal!

In het bijzonder **werden calciumchromaat ($CaCrO_4$)** en/of **natriumchromaat (Na_2CrO_4)** gedetecteerd tussen metalen onderdelen die gedurende een langere periode werden verwarmd en die rechtstreeks verbonden waren met isolatiematerialen die **calcium (oxide)** en/of **natrium (oxide) bevatten.**

Bron: Tijdschrift van de Keramische Vereniging van Japan 123 [8] 677-684 2015

3. Chroom(VI)-verbindingen – classificaties, gezondheids- en milieurisico's

Chroom(VI)-verbindingen zijn CMR-stoffen en zijn daarom geclassificeerd als gevaarlijke stoffen voor mens en milieu volgens de CLP-verordening en de GESTIS-databases:

- H350 (kankerverwekkend): Zelfs kleine blootstellingsniveaus kunnen kanker veroorzaken.
- H410 (gevaarlijk voor het milieu): Persistent, nauwelijks afbreekbaar en giftig voor aquatische systemen.
- H (huidresorptief): Absorbeerbaar door de huid en sensibiliserend.

Bronnen:

- CLP-verordening (EG) nr. 1272/2008, bijlage VI.
- Lijst van MAK- en BAT-waarden van de DFG (2024).

3.1 Gezondheidseffecten van chroom(VI)-verbindingen

Contact met chroom(VI)-verbindingen brengt aanzienlijke gezondheidsrisico's met zich mee, zowel bij blootstelling via de huid als bij inademing. Deze gevaren zijn zowel acuut als langdurig en tasten verschillende orgaansystemen aan.

- **Acute effecten:**

1. **Blootstelling via de huid:**



   - **Huidirritatie en dermatitis:**

     Chroom(VI)-verbindingen veroorzaken vaak ernstige huidirritatie, wat zich uit in ontstekingen en roodheid.
   - **Sensibilisatie van de huid:**

     Herhaald contact kan allergische contactdermatitis veroorzaken. Individuen kunnen overgevoelig worden, wat betekent dat zelfs de kleinste blootstelling allergische reacties kan veroorzaken.
     - **Classificatie:**
       H317 (Kan allergische huidreacties veroorzaken).

2. **Blootstelling bij inademing:**
   - **Irritatie van de luchtwegen:**

     Inademing van stof of gassen die chroom(VI) bevatten, veroorzaakt acute irritatie van de luchtwegen, waaronder hoesten, kortademigheid en faryngitis.
     - **Classificatie:**
       H334 (kan bij inademing allergie, astma-achtige symptomen of ademhalingsmoeilijkheden veroorzaken).

- **Langetermijngevolgen:**



1. **Blootstelling via de huid:**
   - **Chronische huidaandoeningen:**

     Langdurige blootstelling leidt tot onomkeerbare huidbeschadiging, waaronder "chroomzweren", diepe, slecht genezende huidlaesies.
2. **Blootstelling bij inademing:**
   - **Longkanker:**

     Regelmatige blootstelling aan chroom(VI) verbindingen door inademing verhoogt het risico op longkanker aanzienlijk.
     - **Classificatie:**
       H350 (Kan kanker veroorzaken).



   - **Chronische aandoeningen van de luchtwegen:**

     Astma, chronische bronchitis en, in ernstige gevallen, vernietiging van het neustussenschot (neusperforatie) zijn typische gevolgen.
3. **Systemische effecten:**
   - **Lever- en nierschade:**

     Bij de reductie van chroom(VI) tot chroom(III) in het lichaam komen reactieve zuurstofsoorten (ROS) vrij, die oxidatieve schade aan organen veroorzaken.
   - **DNA-schade:**

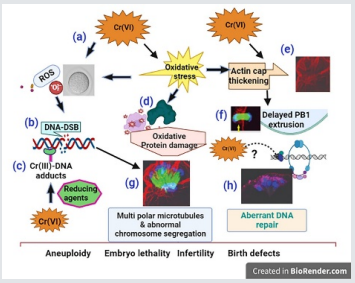
     Chroom(VI) interageert rechtstreeks met DNA, waardoor mutaties ontstaan en het risico op kanker toeneemt.
   - **Immuunsysteem:**

     Chronische blootstelling verzwakt het immuunsysteem en verhoogt de vatbaarheid voor infecties.


Chemisch-biologische Wechselwirkungen

Verminderte Expression der 8-Oxoguanin-DNA-Glycosylase 1 (hOGG1) und durch Cr (VI) induzierte DNA-Oxidationsschäden

Highlights



4. Chroom(VI)-verbindingen op de werkvloer

4.1 Risicoconcept en beoordelingsmaatstaf

- **Blootstelling-risicorelatie (ERB):**

  In tegenstelling tot andere schadelijke stoffen op de werkplek is er geen grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling aan chroom(VI)-verbindingen vanwege de beschreven gezondheidsrisico's, waaronder actievrij handelen gerechtvaardigd is.

  Het **risicogerelateerde concept van maatregelen voor activiteiten met kankerverwekkende stoffen (TRGS 910)** definieert het risico op kanker als volgt:

- **Tolerantierisico:**

  Een kankerrisico van **4:1.000** (d.w.z. één extra kanker per 250 blootgestelde personen) wordt beschouwd als een tolerantieconcentratie, maar de naleving ervan vereist al speciale maatregelen om het risico te minimaliseren.

- **Acceptatierisico:**

  Een kankerrisico van **4:100.000** (d.w.z. vier extra kankergevallen per 100.000 blootgestelde personen) wordt beschouwd als een acceptatieconcentratie waarbij het risico als voldoende beheerst wordt beschouwd.

  Onder het acceptatierisico zijn geen aanvullende maatregelen nodig, mits aan de stand van de techniek wordt voldaan.

Risicogerelateerd concept van maatregelen:

TRGS 910 verplicht werkgevers om maatregelen te nemen om de blootstelling verder te minimaliseren in **geval van blootstellingen boven het aanvaardingsrisico** maar **onder het tolerantierisico**.

Beoordelingsmaatstaf voor chroom(VI)-verbindingen:

Voor chroom(VI)-verbindingen is in de Duitse TRGS 910 geen acceptatieconcentratie vastgesteld. De Duitse TRGS 561 gebruikt **0,001 mg/m³** of **1 µg/m³** in de inhaleerbare fractie, betrokken op het elementgehalte van chroom, als beoordelingsmaatstaf; deze waarde komt overeen met de tolerantieconcentratie van de Duitse TRGS 910 (risico 4:1.000).

> Grondslag zijn de begripsomschrijvingen van de acceptatieconcentratie en de tolerantieconcentratie in § 2 lid 8a en 8b van de Duitse verordening inzake gevaarlijke stoffen.

4.2 Verbinding tussen TRGS 910 en chroom(VI)-verbindingen:

- **Chroom(VI)-verbindingen** vallen onder de voorschriften van TRGS 910 omdat ze **zijn geclassificeerd** als kankerverwekkend **(**H350).
- **Voor werkzaamheden met chroom(VI)-verbindingen geldt de beoordelingsmaatstaf van 1 µg/m³; er is geen acceptatieconcentratie vastgesteld**.

- Omdat er geen acceptatieconcentratie bestaat, is er voor chroom(VI)-verbindingen **geen concentratiebereik waaronder maatregelen ter vermindering van de blootstelling overbodig zouden zijn**.

De TRGS 910 beschrijft de "relatie tussen risicogebieden en maatregelen" als volgt:

Het laagrisicogebied beslaat het gebied tot aan de Akzeptanzrisiko.In dit gebied is er weinig noodzaak om aanvullende maatregelen te nemen.

Het gemiddelde risicobereik omvat het bereik **van acceptatie tot tolerantierisico. Op dit gebied neemt de behoefte aan aanvullende maatregelen aanzienlijk toe** naarmate de concentratie dichter bij de tolerantieconcentratie ligt.

Het bereik met een hoog risico begint boven het tolerantierisico. **Op dit gebied is er dringend behoefte aan aanvullende maatregelen om ten minste het gemiddelde risicobereik te bereiken**.

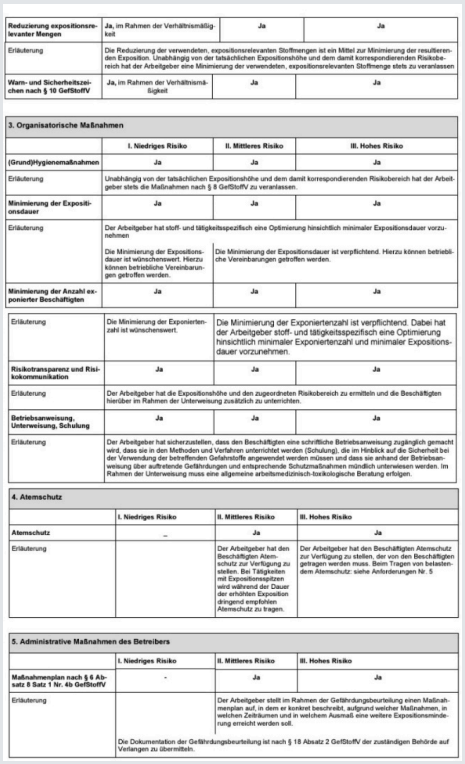
Voor chroom(VI)-verbindingen is geen acceptatieconcentratie vastgesteld; een bereik met laag risico kan daarom niet aan de hand van een concentratie worden bepaald. **Boven 0,001 mg/m³ of 1 µg/m³ begint het bereik met hoog risico.**

De operator (werkgever) mag het al dan niet uitvoeren van beschermingsmaatregelen echter niet afhankelijk maken van blootstellingsmetingen die nog niet zijn uitgevoerd.

Zichtbare CMR-stoffen en hun detectie door snelle tests zijn voldoende om een potentieel gevaar aan te nemen.

De beoordeling moet worden uitgevoerd volgens het **voorzorgsbeginsel** , met **conservatieve aannames** en **onmiddellijke toepassing van het S-T-O-P-beginsel**:

- **Vervanging**
- **Technische maatregelen**
- **Organisatorische maatregelen**
- **Persoonlijke beschermende uitrusting**



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 § 10 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. Bei Tätigkeiten mit Expositionsspitzen wird während der Dauer der erhöhten Exposition dringend empfohlen Atemschutz zu tragen.	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.	

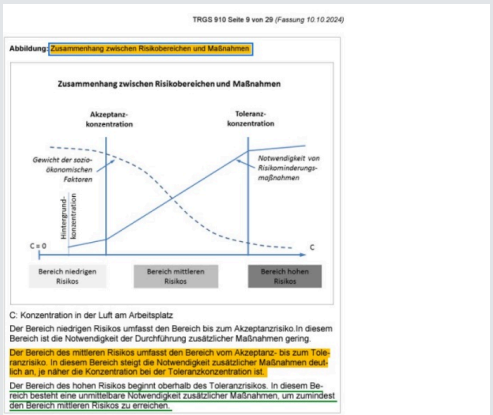


Tabelle 1: Besondere Maßnahmen bei Exposition gegenüber krebserzeugenden Gefahrstoffen in Abhängigkeit der jeweiligen Risikobereiche

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 Rechtsgrondslag en verplichtingen voor gevarenbeoordeling (risicobeoordeling)

4.3.1 Verordening inzake gevaarlijke stoffen (GefStoffV):

- **§ 6 – Risicobeoordeling:**
  - Bij de risicobeoordeling moet rekening worden gehouden met alle beschikbare informatie, waaronder zichtbare verontreiniging en snelle testresultaten.
  - Maatregelen ter bescherming van werknemers en het milieu moeten onmiddellijk worden geïmplementeerd op basis van de bekende risico's.
- **§ 7 – Basisverplichtingen, § 10 lid 1 – Minimaliseringsvereiste:**
  - Zichtbare CMR-materialen vereisen onmiddellijke actie, ongeacht of er metingen beschikbaar zijn. De blootstelling moet worden teruggebracht tot het laagste technische en organisatorische niveau.
- **§ 6 lid 1, tweede zin, punt 4 en § 7 lid 3 – Substitutie:**
  - CMR-stoffen moeten, voor zover technisch haalbaar, worden vervangen door minder gevaarlijke alternatieven.

4.3.2 TRGS 400 – Risicobeoordeling:

- Werkgevers moeten werken op basis van de best beschikbare gegevens, waaronder visuele aanwijzingen en sneltests.
- Het niet beschikbaar zijn van meetwaarden is geen reden om maatregelen uit te stellen.

4.3.3 TRGS 910 – Risicogerelateerd concept van maatregelen:

- Voor kankerverwekkende stoffen wordt automatisch uitgegaan van een potentieel gevaar als de stof aanwezig is.
- Bij gebrek aan blootstellingsgegevens moet de toediener conservatieve aannames doen en uitgaan van de maximaal mogelijke blootstelling.

Andere TRGS die in verband met chroom(VI)-verbindingen kunnen worden gebruikt, zijn:

- **TRGS-401:** Gevaar door contact met de huid Onderzoek – Beoordeling – Maatregelen
- **TRGS 402:** Bepaling en beoordeling van gevaren bij activiteiten met gevaarlijke stoffen - blootstelling door inademing
- **TRGS 410:** Blootstelling Directory
- **TRGS 510:** Opslag van gevaarlijke stoffen
- **TRGS 561:** Werkzaamheden met kankerverwekkende metalen en hun verbindingen (versie van 4 mei 2026)
- **TRGS 600:** Vervanging

4.3.4 TRGS 561 – Werkzaamheden met kankerverwekkende metalen en hun verbindingen:

Sinds 4 mei 2026 geldt de Duitse TRGS 561 „Werkzaamheden met kankerverwekkende metalen en hun verbindingen" in een nieuwe versie. Paragraaf 3.3.4 beschrijft de vorming van chroom(VI)-verbindingen aan chroomgelegeerde hete onderdelen, paragraaf 5.9.3 noemt alkali-/aardalkalimetaaloxiden uit isolatiematerialen of montagepasta's als beïnvloedende factor.

Volgens paragraaf 5.9.3 lid 5 moeten beschermingsmaatregelen volgens de paragrafen 4.1 en 4.2 en aanvullende maatregelen worden getroffen **wanneer een belasting met chroom(VI) aanwezig is of niet kan worden uitgesloten**; daartoe behoren persoonlijke beschermingsmiddelen, stofarm werken en de substitutietoets. Een voorafgaande meting is daarvoor geen voorwaarde. Paragraaf 3.3.4 vereist bovendien bijzondere beschermingsmaatregelen bij

huidcontact met chroom(VI)-verbindingen.

4.4 Procedure voor risicobeoordeling

1. **Onmiddellijke maatregelen op basis van zichtbare vervuiling:**
   - **Zichtbare afzettingen of stof worden als potentieel gevaarlijk beschouwd**.
   - **Alleen al de zichtbaarheid en de snelle detectie van de test vereisen classificatie als een hoog risico.**
2. **Conservatieve aannames:**
   - De bediener moet ervan uitgaan dat de blootstelling boven de tolerantieconcentratie ligt (bv. 4:1.000 risico voor chroom(VI)-verbindingen).
   - Risicobeperkende maatregelen moeten onmiddellijk worden genomen, ook zonder gemeten waarden.
3. **Risicominimalisatie volgens het STOP-principe:**
   - **Vervanging:** Vervang CMR-stoffen waar mogelijk door minder gevaarlijke stoffen.
   - **Technische beschermingsmaatregelen:** Gebruik van gesloten systemen, verbeterde ventilatie of filtertechnologieën.
   - **Organisatorische maatregelen:** toegangsbeperkingen, aanpassing van werkprocessen.
   - **Persoonlijke beschermingsmaatregelen (PBM):** ademhalingsbescherming, beschermende kleding, handschoenen totdat het gevaar is geëlimineerd.
4. **Documentatie en transparantie:**
   - Zichtbare vervuiling en testresultaten moeten worden gedocumenteerd in de risicobeoordeling.
   - Voorlopige maatregelen en verdere geplande stappen moeten worden vastgelegd.



4.5 Gevolgen voor de praktijk

1. **Beschermende maatregelen:**
   - Zelfs zonder meetwaarden moeten uitgebreide beschermingsmaatregelen zoals PBM's, toegangsbeperkingen en technische bescherming onmiddellijk worden geïmplementeerd, zelfs voordat ze worden vervangen.
2. **Proactieve planning:**
   - Tegelijkertijd moet de exploitant blootstellingsmetingen laten uitvoeren om de risicobeoordeling te valideren en de langetermijnmaatregelen te optimaliseren.
3. **Vereniging van werkgeversaansprakelijkheidsverzekeringen en autoriteiten:**
   - Er moet worden nagegaan of zichtbare CMR-stoffen en testresultaten moeten worden gerapporteerd aan

de bevoegde autoriteiten of werkgeversaansprakelijkheidsverzekeringsverenigingen, ook om de autoriteiten de mogelijkheid te bieden de verantwoordelijkheid van OEM's te beoordelen.

Overtredingen van regels of vertragingen kunnen juridische gevolgen hebben, vooral in het geval van kankerverwekkende stoffen zoals chroom(VI)-verbindingen.

Deze praktische gevolgen betekenen in detail:

4.6 Praktische gevolgen en aanbevelingen

De bevindingen over de vorming en het gevaar van chroom(VI)-verbindingen en de risico's van reoxidatie van chroom(III)-verbindingen vereisen concrete maatregelen die verder gaan dan de bestaande wettelijke vereisten.

Zowel fabrikanten als exploitanten moeten hun verantwoordelijkheid nemen om de gezondheid van de werknemers en de bescherming van het milieu te waarborgen.

Hieruit vloeien de volgende consequenties en aanbevelingen voort voor

- Fabrikanten van isolatiematerialen of bedrijven die ze in de fabriek uitrusten met dergelijke materialen,
- Exploitanten van installaties waarvan de onderdelen zijn uitgerust met een dergelijke thermische isolatie en
- Autoriteiten en toezichthoudende instanties die tot taak hebben de naleving van de regelgeving te controleren en, indien nodig, te controleren
- **Voor fabrikanten van isolatiematerialen, maar ook voor**
- **Fabrikanten van technische systemen met vooraf geïnstalleerde thermische isolatie:**

1. **Ontwikkeling van alternatieve materialen:**

   Fabrikanten en gebruikers van isolatiematerialen voor hoge temperaturen moeten meer investeren in de ontwikkeling en het testen van alkalische en aardalkalimetaalvrije producten om de vorming van chromaten (chroom(VI)-verbindingen te voorkomen).
2. **Transparantie en communicatie:**
   - Duidelijke openbaarmaking van de risico's van bestaande producten, met inbegrip van mogelijke reacties onder thermische omstandigheden, is essentieel.
   - Gebruikers moeten gedetailleerde instructies ontvangen over hoe ze veilig met de betreffende producten kunnen omgaan.
3. **Afzien van verkeerde informatie:**

   Technologische innovaties die het vrijkomen van chromaten volledig voorkomen, moeten prioriteit krijgen en zo snel mogelijk worden geïmplementeerd; onvoldoende ontsmetting en veronachtzaming van de toepasselijke regelgeving zijn schadelijk voor mens en milieu!

- **Voor exploitanten van technische installaties, in het bijzonder WKK/WKK-installaties, alsmede**
- **Exploitanten van elektriciteitscentrales:**

1. **Update van de risicobeoordeling:**
   - Exploitanten zijn verplicht hun risicobeoordelingen onmiddellijk aan te passen aan de meest recente bevindingen en met name rekening te houden met de risico's van thermochemische reacties in de buurt van isolatiematerialen en chroomhoudende legeringen.
2. **Onmiddellijke toepassing van het STOP-principe:**

- **Substitutie: Gebruik van veilige isolatiematerialen die geen oxiden bevatten die (aard)alkalische metalen bevatten.**
- **Technische maatregelen: Gebruik van gesloten systemen en verbeterde afzuigsystemen om stofemissies tot een minimum te beperken.**
- **Organisatorische maatregelen: Regelmatige training voor medewerkers en duidelijke toegangsbeperkingen tot bedreigde gebieden.**
- **Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM): Verstrekking van gasmaskers, beschermende pakken en handschoenen om huidcontact en inademing te voorkomen.**

3. **Afvoervrij hanteren:**

   Werkzaamheden met verontreinigde materialen of neutraliserende vloeistoffen moeten zonder afvoer worden uitgevoerd, omdat chroom(III)-verbindingen ook gevaarlijk zijn voor water.

4. **Verwijdering van verontreinigde materialen:**
   Verontreinigde isolatiematerialen of oppervlakken moeten als gevaarlijk afval worden behandeld, op de juiste manier worden afgevoerd en mogen in geen geval opnieuw worden gebruikt - zelfs niet na behandeling met neutraliserende vloeistoffen.

- **Voor autoriteiten en toezichthoudende organen:**

1. **Strengere monitoring en controle:**
   - De autoriteiten moeten de naleving van de vervangingsverplichting en de vereisten voor risicobeoordelingen nauwkeuriger controleren en overtredingen consequent bestraffen.
2. **Bevordering van veilige technologieën:**
   - Publieke financieringsprogramma's kunnen stimulansen creëren om de ontwikkeling van veilige materialen en processen te bevorderen.
3. **Educatie en bewustmaking:**
   - Nationale campagnes kunnen helpen om het bewustzijn van de risico's van chroom(VI)-verbindingen te vergroten en het bewustzijn bij zowel exploitanten als werknemers te vergroten.

Resultaat:

De verantwoordelijkheid voor het omgaan met chroom(VI)-verbindingen ligt in gelijke mate bij fabrikanten, exploitanten en autoriteiten.

Preventieve maatregelen, zoals de vervanging van gevaarlijke stoffen, en strikte naleving van de bestaande wettelijke vereisten zijn essentieel om de gezondheid van de werknemers en de bescherming van het milieu op de lange termijn te waarborgen.

Alleen door gezamenlijke inspanningen kan het risico van chroom(VI)-verbindingen duurzaam worden verminderd.

5. Wettelijke verplichtingen

De wettelijke vereisten voor de omgang met chroom(VI)-verbindingen zijn duidelijk geregeld en omvatten zowel de verplichting om de blootstelling tot een minimum te beperken als de verplichting om gevaarlijke stoffen te vervangen.

5.1 Verordening inzake gevaarlijke stoffen (GefStoffV):

5.1.1 § 6 Informatieverzameling en risicobeoordeling

Tevreden:

- Werkgevers moeten de gevaren van gevaarlijke stoffen op de werkplek beoordelen. Deze beoordeling omvat:
  - Identificatie van alle gevaarlijke stoffen en mengsels.
  - Onderzoek naar mogelijke blootstellingsroutes: inademing, dermaal, oraal.
  - Rekening houden met de specifieke eigenschappen van CMR-stoffen (bv. kankerverwekkend, mutageen, giftig voor de voortplanting).

Bijzonderheden voor CMR-stoffen:

- **De grootste zorg is altijd vereist voor KMR-stoffen:**
  - **Zelfs de kleinste blootstellingen kunnen schadelijk zijn voor de gezondheid.**
  - **Bij de risicobeoordeling moet rekening worden gehouden met de huidige wetenschappelijke bevindingen (bv. relaties tussen blootstelling en risico).**
  - **Risico's van de huid:**
    - **Stoffen die door de huid kunnen worden opgenomen (huidresorptiviteit "H") vereisen speciale beschermende maatregelen omdat ze systemische schade kunnen veroorzaken.**
    - **KMR-stoffen, zoals chroom(VI)-verbindingen, kunnen allergieën, dermatitis en kanker veroorzaken wanneer ze in contact komen met de huid.**

Documentatieplicht:

- **De risicobeoordeling moet schriftelijk worden uitgevoerd en regelmatig worden bijgewerkt, met name in het geval van nieuwe bevindingen (bv. detectie van CMR-stoffen door middel van snelle tests of metingen).**

5.1.2 § 7 Basisverplichtingen en § 8 Algemene beschermingsmaatregelen

Tevreden:

- Werkgevers moeten de blootstelling aan gevaarlijke stoffen tot een minimum beperken of volledig vermijden, voor zover dat technisch mogelijk is.

Bijzonderheden voor CMR-stoffen:

1. **Minimalisering van de blootstelling:**
   - **CMR-stoffen vereisen speciale beschermende maatregelen die verder gaan dan de algemene normen.**
   - **Technische maatregelen (bijv. gesloten systemen, onderdrukwerkgebieden) hebben voorrang op organisatorische en persoonlijke maatregelen.**
2. **Blootstelling via de huid:**

- Huidbescherming is vooral belangrijk voor huidresorptieve CMR-stoffen:
  - Terbeschikkingstelling van geschikte handschoenen, beschermende kleding en huidbeschermingsproducten.
  - Regelmatige evaluatie van de doeltreffendheid van de beschermende maatregelen.

3. Blootstelling bij inademing:
   - Technische maatregelen zoals afzuig- en filtersystemen moeten met voorrang worden uitgevoerd.

STOP-principe:

De GefStoffV vereist de toepassing van het STOP-principe, het bevel moet op bindende wijze worden toegepast:

- Vervanging.
- Technische beschermingsmaatregelen.
- Organisatorische maatregelen.
- Persoonlijke beschermende uitrusting.



5.1.3 § 9 Aanvullende beschermingsmaatregelen en § 10 lid 2

Tevreden:

- Werkgevers moeten aanvullende maatregelen nemen als algemene beschermingsmaatregelen niet volstaan.

Bijzonderheden voor CMR-stoffen:

1. Beperkingen op de werkplek:
   - Activiteiten met CMR-stoffen mogen alleen worden uitgevoerd door opgeleid personeel.
   - Onbevoegden moeten worden geweerd uit het werkgebied.
2. Risico's van de huid:
   - Huidcontact met CMR-stoffen moet worden uitgesloten door speciale maatregelen, bijv. dubbele handschoenen en beschermende crèmes.
3. Etiketteringsverplichting:
   - Gebieden waar CMR-stoffen worden gebruikt, moeten worden gemarkeerd. Voorbeeld: "Let op! Werken met kankerverwekkende stoffen."

5.1.4 § 2 lid 8a en 8b en § 10 – Risicobereiken

Tevreden:

- Voor bepaalde stoffen, met name CMR-stoffen, zijn er geen vaste grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling, maar blootstelling-risicorelaties (ERB).
- **De ERB geeft de concentratie van een CMR-stof aan die in verband wordt gebracht met een aanvaardbaar of aanvaardbaar risico op kanker:**
  - **4:1.000 (risico op tolerantie): Extra gevallen van kanker bij 4 van de 1.000 blootgestelde personen.**
  - **4:100.000 (risico op acceptatie): Extra gevallen van kanker bij 4 van de 100.000 blootgestelde mensen.**

Bijzonderheden voor CMR-stoffen:

- **In het geval van blootstellingen die hoger zijn dan het risico van aanvaarding, moeten maatregelen worden genomen om deze te verminderen.**
- **Werkzaamheden in het bereik met hoog risico mogen alleen worden uitgevoerd volgens een regel die op grond van § 20 lid 4 is bekendgemaakt (§ 10).**
- **Werkgevers moeten ervoor zorgen dat blootstelling via de huid wordt uitgesloten, zelfs wanneer wordt voldaan aan de ERB.**
- **Voor chroom(VI)-verbindingen is geen acceptatieconcentratie vastgesteld; de beoordelingsmaatstaf is 1 µg/m³ (paragraaf 4.1).**

5.1.5 § 6 lid 1, tweede zin, punt 4 en § 7 lid 3 – Substitutie

Tevreden:

- **Vervangingsverplichting:**
  Werkgevers zijn verplicht om gevaarlijke stoffen te vervangen door minder gevaarlijke stoffen, mengsels of processen, als dit technisch mogelijk is.

Bijzonderheden voor CMR-stoffen:

1. **Voorrang:**
   - **De vervanging van CMR-stoffen is een topprioriteit, aangezien geen enkele blootstelling als veilig wordt beschouwd.**
2. **Technische haalbaarheid:**
   - **Werkgevers moeten aantonen dat er geen technisch haalbare alternatieven zijn als vervanging niet wordt doorgevoerd.**
3. **Documentatie:**
   - **Het onderzoek naar de vervangingsmogelijkheden moet op begrijpelijke wijze worden gedocumenteerd in de risicobeoordeling.**
4. **Risico's van de huid:**
   - **Indien substitutie niet mogelijk is, moeten maatregelen worden genomen om zowel blootstelling via de huid als via inademing uit te sluiten.**

Voorbeeld van een succesvolle vervanging van calciumhoudende isolatie-elementen door calciumvrije isolatie-elementen:

Calciumhoudende isolatie-elementen: Calciumvrije isolatie-elementen:






Gelige afzettingen tonen de kankerverwekkende geen gelige afzettingen; de aanwezigheid van en voor het milieu schadelijke Cr(VI) sneltest blijft negatief en
chroom -verbindingen bevestigt de succesvolle vervanging

- **In artikel 10 van de verordening inzake gevaarlijke stoffen worden de bovengenoemde bepalingen als volgt samengevat:**

  Indien de grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling niet kan worden nageleefd bij werkzaamheden met kankerverwekkende of mutagene gevaarlijke stoffen in geslachtscellen van categorie 1A of 1B, ondanks dat de technische beschermingsmaatregelen zijn uitgeput, of indien werkzaamheden in het middelrisicobereik worden uitgevoerd, De werkgever moet onmiddellijk een actieplan opstellen.

  In het actieplan moet worden aangegeven hoe het doel om te voldoen aan de grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling of om binnen het bereik van een laag risico te komen, moet worden bereikt.

  De volgende maatregelen worden vermeld:

- de voorgenomen maatregelen;
- de gerichte vermindering van de blootstelling, en
- het geplande tijdsbestek.

  Het actieplan wordt samen met de documentatie van de risicobeoordeling overeenkomstig deel 6, punt 8, bewaard.

  Indien, zelfs als het actieplan overeenkomstig lid 5 wordt uitgevoerd, de grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling niet kan worden nageleefd in het geval van activiteiten met kankerverwekkende of mutagene gevaarlijke stoffen in geslachtscellen van categorie 1A of 1B, of indien activiteiten in het risicobereik worden uitgevoerd, moet de werkgever ervoor zorgen dat deze activiteiten alleen worden uitgevoerd in overeenstemming met een regel die is aangekondigd in overeenstemming met artikel 20, lid 4.

- **Afdeling 10a Bijzondere registratie-, kennisgevings- en meldingsverplichtingen voor activiteiten met CMR-stoffen van categorie 1A of 1B**

  Om inzicht te kunnen krijgen in de hoeveelheid en de duur van een blootstelling in geval van een latere ziekte, moet de werkgever een register bijhouden van werknemers die dergelijke werkzaamheden uitvoeren met CMR-stoffen van categorie 1A of 1B waarvoor uit de risicobeoordeling blijkt dat er een risico voor hun gezondheid bestaat.

  De lijst moet de activiteit vermelden, evenals de mate en de duur van de blootstelling van de werknemers. (...)

  De lijst moet tijdens de duur van de blootstelling te allen tijde worden bijgewerkt en ten minste gedurende de **volgende perioden na het einde van de blootstelling worden bewaard**:

  voor activiteiten met CMR-materialen van categorie 1A of 1B, 40 jaar... Bij beëindiging van de arbeidsverhouding moet de werkgever de werknemers een uittreksel uit het register verstrekken met de informatie die op hen betrekking heeft. **De werkgever moet een bewijs van de overdracht bewaren, zoals personeelsdocumenten**.

- **§ 18 GefStoffV bepaalt voorts:**

  Onverminderd artikel 22 van de Arbowet moet de werkgever de bevoegde autoriteit op verzoek in kennis stellen van het volgende:

- **het resultaat van de risicobeoordeling overeenkomstig deel 6 en de informatie waarop deze is gebaseerd, met inbegrip van de documentatie van de risicobeoordeling;**
- **de werkzaamheden waarbij werknemers daadwerkelijk zijn of kunnen zijn blootgesteld aan gevaarlijke stoffen en het aantal van deze werknemers;**
- **de verantwoordelijke personen overeenkomstig artikel 13 van de Arbowet;**
- **de uitgevoerde beschermings- en voorzorgsmaatregelen, met inbegrip van de gebruiksaanwijzing;**
- **een kopie van het actieplan overeenkomstig artikel 10, lid 5, voor activiteiten in de sector met een gemiddeld of hoog risico.**

  In het geval van activiteiten waarbij kankerverwekkende, mutagene of reprotoxische gevaarlijke stoffen van categorie 1A of 1B betrokken zijn, moet de werkgever de bevoegde autoriteit op verzoek ook in kennis stellen van het volgende:

- **het resultaat van de substitutietest;**
- **Van**

a) verrichte activiteiten en toegepaste industriële procédés en de redenen voor het gebruik van deze gevaarlijke stoffen;

b) de hoeveelheid geproduceerde of gebruikte gevaarlijke stoffen;

c) het soort beschermingsmiddelen dat moet worden gebruikt;

d) aard en omvang van de blootstelling;

e) uitgevoerde vervangingen.

Op verzoek van de bevoegde autoriteit moet de door bijlage II van Verordening (EG) nr. 1907/2006 vereiste specialistische kennis voor het opstellen van veiligheidsinformatiebladen worden aangetoond.

De EU-richtlijn 2004/37/EG betreffende de bescherming tegen CMR-stoffen wordt in Duitsland ten uitvoer gelegd door de verordening inzake gevaarlijke stoffen (GefStoffV), die op zijn beurt de basis vormt van de afzonderlijke technische regels voor gevaarlijke stoffen (TRGS).

Chroom(VI)-verbindingen zijn schadelijk voor de gezondheid en kankerverwekkend bij inademing, via de huid en oraal.

Vanwege de aanvullende classificatie **H410 "chronisch schadelijk voor het milieu met langdurige schade aan in het water levende organismen", moeten chromaten of met chromaten verontreinigde producten daarom ook gescheiden worden opgeslagen en als gevaarlijk afval worden afgevoerd, voorzien van de juiste afvalcodes.**

Door de waarschuwingen van de fabrikanten en de informatiebrieven van de autoriteiten is de eigenaar of exploitant van de in het begin beschreven installatiegebieden zich bewust van het risico dat mens en/of milieu sterk worden bedreigd door kankerverwekkende en chronisch milieugevaarlijke stoffen.

Deze kennis verplicht eigenaren en exploitanten van deze systemen om onmiddellijk beschermende maatregelen te nemen! In dit verband geldt het voor heel Europa geldende beginsel van minimalisering om de vorming van schadelijke stoffen en het daarmee gepaard gaande gevaar voor werknemers, niet-betrokken derden en het milieu onverwijld tot een minimum te beperken, of in het beste geval te voorkomen.

Na het nemen van verschillende onmiddellijke maatregelen (afbakening, minimalisering van de in gevaar te brengen personen, ruimtelijke scheiding, enz., die voortvloeien uit de risicobeoordeling, die ook onmiddellijk moet worden gewijzigd), **moet worden onderzocht hoe het gevaar kan worden geminimaliseerd of voorkomen door geschikte procedures of vervangende producten te kiezen.**

Hoewel het vrijkomen van chromaten door het gebruik van (aard)alkalische metaaloxiden al enkele jaren bekend is (de eerste waarschuwingen werden in 2021 gepubliceerd), is er door motor- en turbinefabrikanten weinig gedaan om het technisch oplosbare probleem van chromaatvorming te verhelpen (door gebruik te maken van (aard)alkalimetaaloxidevrije isolatieproducten).

Aangezien de motoren, turbines, onderdelen van de uitlaatgasnabehandeling en alle andere later aangetaste componenten nog geen chromaten in de leveringstoestand hebben, worden ze nu geadverteerd als "chroom(VI)-vrij". Op deze manier wordt het daaropvolgende risicobeheer met volledig bewustzijn overgedragen van de fabrikant naar de klant of consument; een onderzoek naar de mate waarin de Productveiligheidswet (ProdSG) de verkoper aansprakelijk stelt, is nog niet overwogen.

Wet op de productveiligheid (ProdSG):

- **Verplichting van fabrikanten:**
  Producten moeten zo zijn ontworpen dat er geen onevenredige risico's ontstaan bij gebruik zoals bedoeld.
  - Met name fabrikanten die calciumhoudende isolatiematerialen blijven gebruiken, lopen het risico op de vorming van kankerverwekkende chromaten ten koste van hun klanten en kunnen zo verantwoordelijk worden gehouden voor mogelijke schade aan mens en milieu.

REACH/CLP-verordening:

1. **Chroom(VI)-verbindingen als SVHC:**

   Als zeer zorgwekkende stoffen (SVHC) zijn chroom(VI)-verbindingen onderworpen aan strenge eisen met betrekking tot productie, gebruik en communicatie in de toeleveringsketen.
2. **H-zinnen:**

   Chroom(VI)-verbindingen worden geclassificeerd met de H-zinnen **H350 (kankerverwekkend)** en **H410 (milieugevaarlijk).**

6. Verantwoordelijkheid van fabrikanten en exploitanten

6.1 Verantwoordelijkheid van de fabrikanten:

- **Materiaalkeuze:**
  Fabrikanten zijn verplicht om alternatieve materialen te ontwikkelen en te gebruiken die de vorming van chromaten niet bevorderen.
- **Vervangingstestverplichting (TRGS 600):**
  Volgens de verordening inzake gevaarlijke stoffen moeten gevaarlijke stoffen worden vervangen door veiligere alternatieven. Deze verplichting moet ook gelden voor de fabrikant van de voorgeïsoleerde eenheden.
- **Ethische verantwoordelijkheid:**
  Fabrikanten die risico's bagatelliseren of alternatieven achterhouden, handelen niet alleen nalatig, maar kunnen ook juridisch worden vervolgd.
- **Productaansprakelijkheid:**
  Opzettelijk nalaten dat schade toebrengt aan de gezondheid of het milieu kan worden bestraft op grond van de Verordening productaansprakelijkheid.

6.2 Verantwoordelijkheid van de exploitanten:

- **Risicobeoordeling:**
  Exploitanten mogen niet vertrouwen op veiligheidsgaranties van fabrikanten, maar zijn verplicht nieuwe bevindingen in hun risicobeoordelingen op te nemen.
- **Vervangingsverplichting: Exploitanten**
  moeten onafhankelijk alternatieven onderzoeken en implementeren, ongeacht de beslissingen van de fabrikant.
- **Juridische en morele verantwoordelijkheid:**
  Passiviteit kan worden beschouwd als bijdragende nalatigheid als bekende gevaren niet worden aangepakt.

7. Misleidende aanbevelingen voor actie

7.1 Reduceren van vloeistoffen (neutralisator)

Omdat het chemisch mogelijk is om zeswaardige chroomverbindingen om te zetten in relatief minder gevaarlijke driewaardige chroomverbindingen door gebruik te maken van een mengsel van ascorbinezuur en citroenzuur, wijzen fabrikanten van motoren en aggregaten er liever op dat dit proces "voor zover mogelijk" het bestaande gevaar van kankerverwekkende chroom(VI)-verbindingen kan elimineren en zijn zij ook zo vrij erop te wijzen dat chroom(III)-verbindingen ook als sporenelementen worden aangetroffen in voeding en dat het lichaam deze "essentiële bouwstenen" zelfs nodig heeft.

Deze indicaties zijn echter meer dan misleidend, aangezien er een groot verschil is tussen de chroom(III)-verbindingen in voeding of voedingssupplementen en industrieel geproduceerde of geproduceerde chroomverbindingen.

Op het eerste gezicht lijkt deze redenering coherent, maar de twee elementen verschillen aanzienlijk.

- **Probleem:**

  Sporenelementen vs. industriële concentraties
- Aanbeveling van de WHO:

  De maximale inname van chroom(III) als sporenelement is 50-200 µg/dag.
- Industriële realiteit:

  De neutralisatie van chromaten die op grote delen van motoren en/of turbines worden gevormd, produceert concentraties die ver boven dit bereik liggen.

  Volgens TRGS 900 geldt een grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling van 2 mg/m³ voor chroom(III)-verbindingen.
- **Geen strijd tegen de oorzaak, alleen onmiddellijke actie op korte termijn, chromaten keren terug**

Een **bijzonder risico** is de mogelijke **reoxidatie van chroom(III)-verbindingen tot chroom(VI)-verbindingen** onder ongunstige omstandigheden.

Bij hernieuwde blootstelling aan hoge temperaturen of oxiderende omgevingen, zoals vaak het geval is in industriële processen, kan chroom(III) worden geoxideerd door zuurstof en weer worden omgezet in zijn meer toxische zeswaardige vorm.

Dit geldt met name voor oppervlakken die al verontreinigd zijn met chromaathoudende residuen of bijvoorbeeld voor calciumhoudende (isolatie)materialen die worden hergebruikt in thermische processen.

Deze reactie verhoogt het risico op het opnieuw vrijkomen van kankerverwekkende en milieugevaarlijke chroom(VI)-verbindingen en benadrukt de noodzaak om verontreinigde materialen volledig te verwijderen en te vervangen door geschikte alternatieven.

Werkingsprincipe van neutraliserende vloeistof

1. **Doel van de reactie:**

- De reductie tot **chroom(III)-verbindingen** (bijv. Cr3+ of $Cr(OH)_3$ vermindert de acute toxiciteit.

2. Rol van de componenten:

1. **Ascorbinezuur (vitamine C):**
   - Werkt als een krachtig reductiemiddel.
   - Reduceert Cr(VI) tot Cr(III) door elektronen te doneren.
2. **Citroenzuur:**
   - Creëert een licht zure omgeving (pH≈3).
   - Levert protonen (H+) die nodig zijn voor de reactie.
   - Stabiliseert de resulterende Cr(III)-ionen door oplosbare complexen te vormen (bijv. Cr(Citraat)).

3. Chemische reactievergelijking
De reductie van chromaat CrO tot chroom(III) kan als volgt worden weergegeven: 2-/4

1. **Redoxreactie:**
   Ascorbinezuur (C6H8O6) geeft elektronen af, terwijl Cr(VI) elektronen absorbeert:

   $$CrO+3C\ 2-/4\ _{6H8O6+8H+} \longrightarrow 2Cr3++3C6H6O6+4H2O$$

2. **Producten:**
   Chroom(III) als Cr3+, dat kan neerslaan tot **$Cr(OH)_3$ (chroom(III)hydroxide).** Dehydroascorbinezuur (C6H6O6).
3. **Complexe vorming met citroenzuur:**

   Citroenzuur (C6H8O7) kan chroom(III) stabiliseren:

   $$Cr3++C6H8O7 \longrightarrow Cr\ (Citraat)$$

4. **Praktische aspecten**

Voordelen:

1. **Effectieve vermindering:**
   - Ascorbinezuur reduceert chroom(VI) op betrouwbare wijze in korte tijd.
2. **Makkelijk te gebruiken:**
   - Het mengsel is gemakkelijk te maken en vereist geen complexe technologie.

Nadelen en risico's:

1. **Vorming van nieuwe verbindingen die schadelijk zijn voor de gezondheid en het milieu:**
   - **Chroom(III)-verbindingen** zoals **$Cr(OH)_3$** zijn minder giftig, maar nog steeds **gevaarlijk voor water (H412)** en **huidsensibiliserend (Sh).**
   - Vorming van oplosbare complexen (bijv. Cr(Citraat)) kan de mobiliteit en milieuverdeling van chroom vergroten.
2. **Onvolledige reductie:**
   - Het sproeien van besmette planten en hun componenten is geen professionele bestrijding van verontreinigende stoffen, maar slechts een onmiddellijke maatregel; Het is echter te verwachten dat chromaten zullen blijven, zij het kleiner.

Noodzakelijke maatregelen:

- De behandelde residuen moeten ook als gevaarlijk afval worden beschouwd en dienovereenkomstig worden verwijderd.
- **Werkzaamheden met neutraliserende vloeistoffen moeten afvoervrij worden uitgevoerd,** omdat wateroplosbare chroom(III)-complexen potentieel gevaarlijk zijn voor het milieu.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat **er een misleidend gevoel van veiligheid wordt gesuggereerd aan de kant van de fabrikanten** en dat het werkelijke gevaar van blootstelling aan chroom(VI) als beheersbaar wordt gepresenteerd omdat het kan worden bestreden met een eenvoudige neutralisatieoplossing.

Met name de verwijzing naar de "essentiële" sporenelementen wekt de indruk dat het voldoende is om een neutralisatieoplossing bij de hand te hebben om het gevaar voldoende weg te nemen.

7.2 Chroom(III)-verbindingen

In het zogenaamde "Substance Evaluation Conclusion Document" 215-160-9 van de Franse ANSES in opdracht van het Franse ministerie van Milieu, worden chroom(III)-verbindingen niet alleen geclassificeerd als huidsensibiliserend, maar ook als toxisch bij herhaalde toediening.

De bezorgdheid over mutageniteit wordt ook bevestigd en zou in de nabije toekomst tot een andere classificatie moeten leiden.

Uit de "ECHA"-database is al te zien dat chroom(III)oxide met CAS-nr. 1308-38-9 in 278 vermeldingen als reprotoxisch 1B is geclassificeerd; bovendien worden in de meeste gevallen de volgende H-zinnen opgemerkt:

H317H360H413

Wanneer een dergelijke stof als een vitaal sporenelement wordt beschouwd, wordt bijna de indruk gewekt dat het ongecontroleerde gebruik van neutraliserende vloeistoffen een bijna onschadelijk proces is. waarbij, volgens de ervaring, weinig voorzichtigheid geboden is. en moedigt maatregelen zonder toezicht door ongekwalificeerde werknemers aan.

Wie deze maatregel als voldoende presenteert en in zijn aanbevelingen ook foto's laat zien van hoe de grond waarop de neutralisatiewerkzaamheden worden uitgevoerd, onbeschermd is, zou misschien door de autoriteiten moeten worden verboden om ongeschoold personeel in te zetten om zeer kankerverwekkende en milieugevaarlijke stoffen te bestrijden.

Alle aanbevelingen in de technische instructies komen op geen enkele manier overeen met de beschreven pakketten van maatregelen voor de omgang met CMR-stoffen op de werkplek, noch met de voorschriften met betrekking tot vrijgekomen chroom(III)-verbindingen!

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. Risicobeoordeling

De risicobeoordeling vormt de basis voor de veilige omgang met gevaarlijke stoffen en is met name van belang voor kankerverwekkende, mutagene en reprotoxische (CMR) stoffen zoals chroom(VI)verbindingen. Het stelt werkgevers in staat om risico's systematisch te beoordelen en passende beschermingsmaatregelen te nemen. Het wettelijk kader wordt in detail beschreven in § 6 van de verordening inzake gevaarlijke stoffen (GefStoffV) en de technische regels voor gevaarlijke stoffen (TRGS).

8.1 Uitvoering van de risicobeoordeling

1. **Identificatie van gevaren:**
   - Zichtbare afzettingen of stof met chroom(VI)-houdende verbindingen moeten ook zonder blootstellingsmetingen als potentieel gevaar worden geclassificeerd.
   - Sneltests en materiaalanalyses kunnen een eerste inschatting van het gevaar opleveren.
   - Daarnaast moeten specifieke eigenschappen van de materialen, zoals huidresorptie (H) of milieugevaar (H410), in de beoordeling worden meegenomen.
2. **Beoordeling van de blootstelling:**
   - De beoordelingsmaatstaf volgens TRGS 910 en TRGS 561 (1 µg/m³) moet worden gebruikt; voor chroom(VI)-verbindingen is geen acceptatieconcentratie vastgesteld.
   - Waar metingen ontbreken, moeten conservatieve aannames worden gedaan die uitgaan van de maximaal mogelijke blootstelling.
3. **Documentatie:**
   - De risicobeoordeling moet uitgebreid worden gedocumenteerd, met inbegrip van de geïdentificeerde risico's, de toegepaste beschermingsmaatregelen en het onderzoek naar alternatieven.

8.2 Bijzondere eisen voor CMR-stoffen

1. **Minimalisatie vereiste:**
   - Volgens § 10 lid 1 GefStoffV moet de blootstelling aan CMR-stoffen zoveel mogelijk worden beperkt. Dit vereist:
     - Vervanging van gevaarlijke materialen door minder gevaarlijke alternatieven.
     - Technische maatregelen zoals gesloten systemen en afzuigsystemen.
     - Organisatorische maatregelen, zoals toegangsbeperkingen en speciale werkprocedures.
2. **Voorzorgsbeginsel:**
   - Als een gevaar niet volledig kan worden uitgesloten, moeten uit voorzorg uitgebreide beschermingsmaatregelen worden genomen.
   - Werken met stoffen of residuen die chroom(VI) bevatten, moet als risicovol worden geclassificeerd.
3. **Afvoervrije bediening:**
   - Werkzaamheden met mogelijk verontreinigde vloeistoffen, zoals neutraliserende vloeistoffen, of vaste materialen moeten zonder afvoer worden uitgevoerd. Residuen moeten worden behandeld als gevaarlijk afval.

8.3 Regelmatige herziening en bijsturing

- Nieuwe bevindingen of gewijzigde arbeidsomstandigheden maken het noodzakelijk om de risicobeoordeling onmiddellijk bij te werken (§ 6 GefStoffV).
- Regelmatige evaluaties zijn verplicht, zelfs als er geen nieuwe bevindingen beschikbaar zijn.

8.4 Betrokkenheid van deskundigen

- Externe deskundigen of verenigingen van werkgeversaansprakelijkheidsverzekeringen moeten worden betrokken bij het opstellen of actualiseren van de risicobeoordeling om de kwaliteit van de beoordeling te verhogen.
- Vooral bij complexe processen, zoals het vervangen van isolatiematerialen of het ontsmetten van chromaathoudende resten, is samenwerking met experts essentieel.

9. Substitutietest

De vervangingstest is een centraal onderdeel van de maatregelen ter bescherming van de gezondheid en het milieu en wordt duidelijk voorgeschreven door § 6 lid 1, tweede zin, punt 4 en § 7 lid 3 van de verordening inzake gevaarlijke stoffen (GefStoffV). De richtlijn schrijft voor dat gevaarlijke stoffen en mengsels, met name CMR-stoffen, waar technisch mogelijk worden vervangen door minder gevaarlijke alternatieven. Het enige gebruik van neutraliserende vloeistoffen is geen vervanging, maar slechts een noodmaatregel op korte termijn om acute gevaren te verminderen. De oplossing op lange termijn ligt in de volledige vervanging van de problematische componenten.

9.1 Neutraliserende vloeistof als onmiddellijke maatregel

- **Gebruiksvoorwaarden:**
  - Het gebruik van neutraliserende vloeistoffen, bestaande uit ascorbinezuur en citroenzuur, is een noodzakelijke onmiddellijke maatregel, maar mag alleen worden uitgevoerd door speciaal opgeleid personeel.
  - Deze maatregel is alleen toegestaan als alle andere beschermingsmaatregelen, zoals ruimtelijke scheiding en technische beveiliging van de werkgebieden, al zijn geïmplementeerd.
- **Beperkt effect:**
  - Neutraliserende vloeistoffen verminderen het acute gevaar van chroom(VI)-verbindingen door ze te reduceren tot chroom(III)-verbindingen. Echter:
    - Er is geen garantie dat de vermindering volledig zal plaatsvinden!
    - Nieuwe chroom(III)-verbindingen kunnen door heroxidatie opnieuw CMR-stoffen vormen wanneer ze opnieuw worden blootgesteld aan hitte of zuurstof.
- **Geen oplossing voor de lange termijn:**
  - Neutralisatie kan niet worden beschouwd als een vervanging voor substitutie. Het dient alleen om het acute risico op korte termijn in te dammen.

9.2 Verplichting tot vervanging

1. **Controle van bestaande chromaten:**
   - De eerste stap in substitutietests is de volledige verwijdering van bestaande chroom(VI)-houdende residuen in verontreinigde werkgebieden.
   - Deze gebieden moeten grondig worden gereinigd en afgestoft, omdat chromaten niet alleen op oppervlakken kunnen worden afgezet, maar ook op moeilijk bereikbare plaatsen.
2. **Vervanging van (aard)alkalimetaaloxide bevattende isolatiematerialen:**
   - Het lijdt geen twijfel dat chroom(VI)-verbindingen worden gevormd door de thermochemische reactie tussen chroomhoudende metalen en (aard)alkalische metaaloxidehoudende isolatiematerialen.
   - Het voortdurende gebruik van dergelijke isolatiematerialen leidt onvermijdelijk tot de hervorming van chromaten, wat technisch noch wettelijk toelaatbaar is.
   - Vervangingsverplichting: De GefStoffV vereist de vervanging van gevaarlijke stoffen en componenten zodra er alternatieven beschikbaar en technisch haalbaar zijn.
3. **Beschikbaarheid van veilige alternatieven:**

- In tegenstelling tot de vertegenwoordiging van sommige hoofdleveranciers, zijn alkalische en aardalkalische metaalvrije isolatiematerialen al jaren in de praktijk ingeburgerd. Deze materialen zijn niet alleen veiliger, maar ook technisch superieur gebleken.
- Exploitanten moeten deze alternatieven onmiddellijk implementeren om de vorming van CMR-stoffen permanent te voorkomen.

9.3 Reiniging en preventie

1. **Reinigen van besmette werkplekken:**
   - Hele werkgebieden waarin chroomhoudende legeringen en isolatiematerialen bevattende (aard)alkalische metalen zijn gebruikt, zijn hoogstwaarschijnlijk verontreinigd.
   - Een grondige reiniging van deze gebieden is noodzakelijk om eventuele achtergebleven chroom(VI)-resten volledig te verwijderen.
2. **Preventie door substitutie:**
   - De vervanging van gevaarlijke isolatiematerialen vermindert niet alleen het risico op chromaatvorming, maar draagt ook bij aan de veiligheid en duurzaamheid van werkprocessen op de lange termijn.
3. **Technische en organisatorische maatregelen:**
   - Naast het vervangen van isolatiematerialen, moeten operators ervoor zorgen dat alle technische en organisatorische beschermingsmaatregelen worden geïmplementeerd. Denk hierbij aan gesloten systemen, toegangsbeperkingen en continue bewaking van werkplekken.

Resultaat

De substitutietest is een onmisbare stap om het risico op chroom(VI)-verbindingen permanent te minimaliseren.

Het gebruik van neutraliserende vloeistoffen kan slechts als een tijdelijke oplossing worden beschouwd. Op de lange termijn ontkom je er niet meer aan om (aarde) alkalische metaalhoudende isolatiematerialen te vervangen.

Veilige en technisch superieure alternatieven zijn in voldoende hoeveelheden beschikbaar en moeten onmiddellijk worden geïmplementeerd.

Exploitanten die niets doen, riskeren niet alleen juridische gevolgen, maar ook aanzienlijke gezondheids- en milieuschade.

10. Conclusies voor het omgaan met chromaten op de werkplek

10.1 Voor de EU

- Richtlijn 2004/37/EG moet **in de hele** Europese Unie **worden toegepast**, die een **duidelijke minimumvereiste verbiedt**, met name voor **CMR-stoffen op de werkplek,** ongeacht de bestaande grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling.
- Vanaf 2025 geldt binnen de EU de uniforme grenswaarde voor chroom(VI)verbindingen van 0,005 mg/m³ | 5 µg/m³Deze grenswaarde vertegenwoordigt een wettelijk toegestane maximumconcentratie, maar vertegenwoordigt geen risicovrije drempel.

  Zelfs als aan de grenswaarde wordt voldaan, zijn werkgevers verplicht de blootstelling verder te verminderen waar dat technisch haalbaar is (artikel 5).

  Er is geen toxicologische drempel voor chroom(VI)-verbindingen, omdat zelfs de kleinste hoeveelheden schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid!

  Een toxicologische drempel is het punt waaronder een stof als veilig wordt beschouwd en er geen schade aan de gezondheid wordt verwacht.

  Aangezien chroom(VI)-verbindingen als kankerverwekkende stoffen zijn geclassificeerd, moet de grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling op een gedifferentieerde manier worden bekeken, omdat zelfs de kleinste blootstelling aan CMR-stoffen op lange termijn schade aan de gezondheid kan veroorzaken.

  Als een meetresultaat op de werkplek onder de grenswaarde ligt, bestaat er een wijdverbreide misvatting dat de werkplek als veilig wordt beschouwd, maar deze veronderstelling is onjuist, omdat de minimaliseringseis altijd en uitsluitend van toepassing is op CMR-stoffen.

REACH-beperking van chroom(VI)-stoffen

In april 2025 heeft het Europees Agentschap voor chemische stoffen ECHA een beperking van chroom(VI)-stoffen op grond van bijlage XV van de REACH-verordening voorgesteld, die de huidige autorisatieprocedure moet vervangen. Daarna zouden alleen bepaalde vormen van gebruik onder strikte voorwaarden toegestaan blijven, met grenswaarden op de werkplek tussen 0,1 en 5 µg Cr(VI)/m³ naargelang het gebruik alsmede emissiegrenzen voor lucht en water; alle overige vormen van gebruik zouden verboden zijn. Het Comité risicobeoordeling (RAC) van het ECHA heeft zijn advies op 1 juni 2026 aangenomen, het Comité sociaaleconomische analyse (SEAC) zijn ontwerp op 11 juni 2026.

Maatgevend is het ruime gebruiksbegrip van de Europese REACH-verordening. Volgens artikel 3, punt 24, is „gebruik" elke vorm van „verwerking, formulering, verbruik, opslag, bewaring, behandeling, overbrenging in recipiënten, overbrenging van de ene recipiënt naar de andere, vermenging, vervaardiging van een voorwerp of elke andere gebruikmaking". Wordt een met chromaten verontreinigd onderdeel voor onderhoud gedemonteerd, opgeslagen en weer ingebouwd, of wordt een verontreinigde isolatie opgeslagen of hergebruikt, dan kan dat een gebruik zijn. **Valt het niet onder de toekomstig toegestane vormen van gebruik, dan zou het verboden zijn; voor de huidige isolatiesystemen op chroomgelegeerde hete onderdelen kan dit uitlopen op een feitelijk verbod.** Bepalend is de definitieve rechtstekst.

Een samenvatting van Richtlijn 2004/37/EG volgt op de volgende bladzijden; Belangrijke afgeleiden hiervan zijn vetgedrukt of geel gemarkeerd:

RICHTLIJN 2004/37/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD

van 29 april 2004 in de laatste versie (2024)

betreffende de bescherming van de werknemers tegen de risico's van blootstelling aan carcinogene, mutagene of voor de voortplanting vergiftige stoffen op het werk (zesde bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG van de Raad)

Artikel 1

- **Doel**

1. **Het doel van deze richtlijn is de werknemers te beschermen tegen de risico's voor hun veiligheid en gezondheid die zich voordoen of kunnen voortvloeien uit blootstelling aan carcinogene, mutagene agentia of voor de voortplanting giftige stoffen op het werk, met inbegrip van preventie**.

In de richtlijn worden de relevante minimumeisen, met inbegrip van grenswaarden, vastgesteld.

...

1. Richtlijn 89/391/EEG is ten volle van toepassing op het gehele in lid 1 bedoelde gebied, onverminderd meer dwingende en/of specifieke bepalingen van deze richtlijn.

Artikel 2

- **Definities**

Voor de toepassing van deze richtlijn wordt verstaan onder:

a) **"Kankerverwekkend"**

- **een stof of mengsel dat voldoet aan de criteria voor indeling als kankerverwekkende stof van categorie 1A of 1B van bijlage I bij Verordening (EG) nr. 1272/2008 van het EuropeesParlement en de Raad** (1);
- een in bijlage I bij deze richtlijn opgenomen stof, mengsel of werkwijze en een stof of mengsel dat vrijkomt bij een werkwijze als bedoeld in die bijlage;

...

a) **"grenswaarde",**

tenzij anders aangegeven, de grenswaarde van de tijdgewogen gemiddelde concentratie van een carcinogeen, mutagene of reprotoxische stof in de lucht in de ademruimte van een werknemer binnen een in bijlage III gespecificeerde referentieperiode;

...

a) **"gezondheidstoezicht",**

de beoordeling van een individuele werknemer om zijn gezondheidstoestand te bepalen in verband met blootstelling aan bepaalde carcinogene, mutagene of reprotoxische agentia op het werk.

Artikel 3

- **Toepassingsgebied — Identificatie en beoordeling van gevaren**

1. **Deze richtlijn is van toepassing op werkzaamheden waarbij werknemers ten gevolge van hun werk worden of kunnen worden blootgesteld aan carcinogene, mutagene agentia of voor de voortplanting vergiftige stoffen**.
2. **Voor elke activiteit die blootstelling aan carcinogene, mutagene agentia of voor de voortplanting toxische stoffen met zich mee kan brengen, worden de aard, de omvang en de duur van de blootstelling van de**

werknemers bepaald om alle risico's voor de veiligheid en de gezondheid van de werknemers te beoordelen en passende maatregelen te bepalen.

3. Deze beoordeling wordt op gezette tijden uitgevoerd en in ieder geval telkens wanneer zich veranderingen voordoen in de omstandigheden die van invloed kunnen zijn op de blootstelling van de werknemers aan carcinogene, mutagene agentia of voor de voortplanting giftige stoffen.
4. **De werkgever moet de bevoegde autoriteiten op verzoek in kennis stellen van de criteria waarop deze beoordeling is gebaseerd**.
5. **Bij de risicobeoordeling moet rekening worden gehouden met alle andere blootstellingsroutes, bv. absorptie in en/of via de huid**.
6. **Bij de beoordeling van het risico besteden werkgevers bijzondere aandacht aan de gevolgen voor de veiligheid of de gezondheid van bijzonder kwetsbare werknemers, waarbij zij onder meer rekening houden met de vraag of het raadzaam is deze werknemers niet in te zetten in gebieden waar zij in contact kunnen komen met carcinogene, mutagene of voor de voortplanting giftige stoffen**.

HOOFDSTUK II

VERPLICHTINGEN VAN WERKGEVERS

Artikel 4

- **Reductie en vervanging**

1. **De werkgever beperkt het gebruik van een carcinogeen agens of een voor de voortplanting vergiftige stof op de werkplek, met name door het, voor zover dat technisch mogelijk is, te vervangen door stoffen, mengsels of procédés die, wanneer zij worden gebruikt of toegepast, niet of minder gevaarlijk zijn voor de gezondheid of de veiligheid van de werknemers.**
2. De werkgever stelt de bevoegde autoriteit op verzoek in kennis van het resultaat van zijn onderzoek.

Artikel 5

- **Maatregelen om blootstelling te voorkomen of te verminderen**

1. **Indien uit de resultaten van de in artikel 3, lid 2, bedoelde beoordeling blijkt dat er een risico bestaat voor de veiligheid of de gezondheid van de werknemers, moet blootstelling van de werknemers worden vermeden**.
2. Indien het technisch niet mogelijk is de carcinogene, mutagene of voor de voortplanting giftige agentia te vervangen door stoffen, mengsels of procédés die, wanneer zij worden gebruikt of toegepast, niet of minder gevaarlijk zijn voor de veiligheid en de gezondheid, ziet de werkgever erop toe dat de carcinogene, mutagene of reprotoxische stof in een gesloten systeem wordt vervaardigd en gebruikt, voor zover dat technisch mogelijk is.
3. **Indien de toepassing van een gesloten systeem technisch niet mogelijk is, zorgt de werkgever ervoor dat de blootstelling van werknemers aan de carcinogene, mutagene of reprotoxische stof wordt beperkt tot het laagste technisch haalbare niveau zonder drempelwaarde.**
4. **De blootstelling mag niet hoger zijn dan de in bijlage III vastgestelde grenswaarden voor carcinogene, mutagene of voor de voortplanting vergiftige stoffen**.
5. **In alle gevallen waarin een carcinogeen, mutageen of reprotoxisch agens wordt gebruikt, past de werkgever alle volgende maatregelen toe:**

a) **beperking van de hoeveelheden carcinogene, mutagene of voor de voortplanting giftige stoffen op de werkplek;**

b) **het aantal werknemers dat wordt of kan worden blootgesteld, tot een minimum te beperken**;

c) **i) de organisatie van werkprocedures en technische maatregelen om het vrijkomen van carcinogene, mutagene agentia of voor de voortplanting giftige stoffen op de werkplek te voorkomen of tot een minimum te beperken**;

d) **verwijdering van carcinogene, mutagene of voor de voortplanting vergiftige stoffen aan de bron, plaatselijke afzuigapparatuur of algemeen ventilatiesysteem, die alle verenigbaar moeten zijn met de noodzakelijke bescherming van de volksgezondheid en het milieu**;

e) **het gebruik van geschikte meetmethoden voor carcinogene, mutagene of voor de voortplanting vergiftige stoffen, met name voor de vroegtijdige opsporing van abnormale blootstellingen als gevolg van een onvoorziene gebeurtenis of een ongeval**;

f) het toepassen van passende werkprocedures en -methoden;

g) collectieve en/of individuele beschermingsmaatregelen wanneer er geen andere oplossing mogelijk is om blootstelling te voorkomen;

h) **hygiënemaatregelen, in het bijzonder regelmatige reiniging van vloeren, muren en andere oppervlakken**;

i) **het informeren van werknemers**;

j) **het afbakenen van gevarenzones en het aanbrengen van passende waarschuwings- en veiligheidssignalering, met inbegrip van het rookverbod, in zones waar werknemers worden of kunnen worden blootgesteld aan carcinogene, mutagene agentia of voor de voortplanting giftige stoffen**;

k) voorzorgsmaatregelen voor noodsituaties waarbij abnormaal hoge blootstellingsniveaus kunnen optreden;

l) **zorgen voor veilige opslag, hantering en vervoer, onder meer door het gebruik van hermetisch afgesloten recipiënten die duidelijk, duidelijk en zichtbaar zijn gemarkeerd**;

m) **De veiligheid van de inzameling, opslag en verwijdering van afval door werknemers waarborgen, onder meer door het gebruik van hermetisch afgesloten containers die helder, duidelijk en zichtbaar gemarkeerd zijn**.

Artikel 6

- **Informatie aan de bevoegde autoriteit**

Indien uit de resultaten van de in artikel 3, lid 2, bedoelde beoordeling blijkt dat er een risico bestaat voor de veiligheid of de gezondheid van de werknemers, verstrekt de werkgever de bevoegde autoriteit op verzoek relevante informatie over:

a) de verrichte activiteiten en/of de toegepaste industriële procédés, met inbegrip van de redenen voor het gebruik van carcinogene, mutagene of voor de voortplanting giftige stoffen;

b) de hoeveelheid geproduceerde of gebruikte stoffen of mengsels die carcinogene, mutagene of voor de voortplanting vergiftige carcinogene of mutagene of voor de voortplanting giftige stoffen bevatten;

c) aantal blootgestelde werkers;

d) genomen preventieve maatregelen;

e) het soort beschermingsmiddelen dat moet worden gebruikt;

f) type en mate van blootstelling;

g) **Gevallen van substitutie**.

Artikel 7

- Onvoorspelbare belichting

1. In geval van een onvoorziene gebeurtenis of een ongeval dat een abnormale blootstelling van de werknemers zou kunnen veroorzaken, stelt de werkgever de werknemers hiervan in kennis.

2. Totdat de normale omstandigheden zijn teruggekeerd en zolang de oorzaken van abnormale blootstelling niet zijn weggenomen,

a) alleen de werknemers die nodig zijn voor reparaties en andere noodzakelijke werkzaamheden hebben toegang tot het getroffen gebied;

b) de betrokken werknemers moeten de beschikking krijgen over beschermende kleding en ademhalingsapparatuur; de blootstelling mag niet onbeperkt zijn en moet beperkt blijven tot het strikt noodzakelijke minimum voor elke werknemer;

c) Werknemers mogen niet zonder beschermende uitrusting in het getroffen gebied werken.

Artikel 8

- Voorspelbare belichting

1. In het geval van bepaalde activiteiten, zoals onderhoudswerkzaamheden, waarvoor de mogelijkheid van een aanzienlijke toename van de blootstelling van de werknemers te verwachten is en waarvoor de mogelijkheid van verdere technische preventieve maatregelen om deze blootstelling te beperken reeds is uitgeput, de werkgever, na raadpleging van de werknemers en/of hun vertegenwoordigers in de onderneming of inrichting, stelt de Commissie de nodige maatregelen vast, onverminderd de verantwoordelijkheid van de werkgever: de duur van de blootstelling van de werknemers zoveel mogelijk te beperken en de bescherming van de werknemers tijdens deze werkzaamheden te waarborgen.

   Op grond van de eerste alinea krijgen de betrokken werknemers de beschikking over beschermende kleding en ademhalingsapparatuur die gedurende de gehele duur van de abnormale blootstelling moeten worden gedragen, die niet onbeperkt mogen duren en beperkt blijven tot het voor elke werknemer strikt noodzakelijke minimum.

2. Er worden passende maatregelen genomen om de gebieden waar de in lid 1, eerste alinea, bedoelde activiteiten worden uitgevoerd, duidelijk af te bakenen en te identificeren, of om te voorkomen dat ongeoorloofde met andere middelen toegang tot die gebieden krijgt.

Artikel 9

- Toegang tot gevaarlijke gebieden

De werkgever neemt passende maatregelen om ervoor te zorgen dat de sectoren waar de activiteiten worden uitgevoerd waarvoor de resultaten van de in artikel 3, lid 2, bedoelde beoordeling een risico voor de veiligheid of de gezondheid van de werknemers aan het licht brengen, alleen toegankelijk zijn voor de werknemers die deze sectoren moeten betreden om hun werk te verrichten of bepaalde taken uit te voeren.

Artikel 10

- Hygiënemaatregelen en individuele beschermingsmaatregelen

1. Werkgevers zijn verplicht passende maatregelen te nemen voor activiteiten waarbij er een risico van besmetting met carcinogene, mutagene of reprotoxische agentia bestaat om ervoor te zorgen dat:

a) werknemers mogen niet eten, drinken of roken in werkruimten waar gevaar bestaat voor besmetting met carcinogene, mutagene agentia of voor de voortplanting giftige stoffen;

b) de werknemers worden voorzien van geschikte beschermende kleding of andere geschikte speciale kleding;

c) **aparte opslagfaciliteiten voor werk- of beschermende kleding enerzijds en straatkleding anderzijds**;

d) **de werknemers te voorzien van geschikte en toereikende toiletten en wasfaciliteiten**;

e) **de beschermingsmiddelen worden op een daarvoor bestemde plaats op de juiste wijze opgeborgen en indien mogelijk voor gebruik, maar in ieder geval na elk gebruik, gecontroleerd en gereinigd**;

f) **Beschadigde beschermingsmiddelen moeten worden gerepareerd of vervangen voordat ze opnieuw worden gebruikt**.

2. **De kosten van de in lid 1 bedoelde maatregelen komen niet ten laste van de werknemers**.

Artikel 11

- **Voorlichting en opleiding van werknemers**

1. **De werkgever neemt passende maatregelen om ervoor te zorgen dat de werknemers en/of hun vertegenwoordigers in de onderneming of inrichting, met name in de vorm van informatie en instructies, op basis van alle beschikbare informatie een toereikende passende opleiding krijgen met betrekking tot:**

a) **mogelijke gezondheidsrisico's**, met inbegrip van de extra risico's van tabaksgebruik;

b) **maatregelen die moeten worden genomen om blootstelling te voorkomen**;

c) **hygiënische voorschriften**;

d) **het dragen en gebruiken van beschermende uitrusting en kleding**;

e) Maatregelen die de werknemers, met name de reddingsploegen, moeten nemen in geval van incidenten en ter voorkoming van incidenten.

Deze instructie moet worden

— **Houd rekening met nieuwe of gewijzigde gevaren**, vooral als werknemers **Eigenlijk of waarschijnlijk Nieuwe kankerverwekkende stoffen, mutagene of voor de voortplanting vergiftige stoffen of verschillende kankerverwekkende stoffen, mutagene of voor de voortplanting vergiftige stoffen, met inbegrip van die welke in gevaarlijke geneesmiddelen voorkomen, of wanneer omstandigheden met betrekking tot het werk veranderen,**

...

— **indien nodig regelmatig worden herhaald in andere instellingen**

...

In Richtlijn 2004/37/EG is een primair beginsel van minimalisering van kankerverwekkende of mutagene agentia vastgesteld.

Dit betekent dat de blootstelling aan deze stoffen in alle EU-lidstaten zoveel mogelijk moet worden beperkt als technisch mogelijk is – ongeacht nationale specifieke kenmerken of grenswaarden.

Een vaste grenswaarde mag niet worden opgevat als een "veiligheidszone" waarin onder deze waarde verdere maatregelen achterwege kunnen blijven.

Integendeel, het doel blijft altijd om de vervuiling verder te minimaliseren, zelfs als de grenswaarde al is onderschreden.

Alle EU-lidstaten moeten de EU-richtlijnen minimaal implementeren, maar kunnen deze nog aanscherpen met betrekking tot grenswaarden en aanvullende regelgeving; de minimaliseringsverplichting geldt dus in alle

EU-landen.

In Frankrijk en Nederland geldt een grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling van 1 µg/m³, voor Duitsland geldt de reeds beschreven beoordelingsmaatstaf van 1 µg/m³, die overeenkomt met de tolerantieconcentratie (risico 4:1.000); voor chroom(VI)-verbindingen is geen acceptatieconcentratie vastgesteld.

Met betrekking tot de richtlijn 2004/37/EU komt de Duitse ERB-berekening het dichtst in de buurt van de minimalisatievereiste, maar zelfs in landen die vanaf 2025 de "limiet voor beroepsmatige blootstelling" van 5 µg/m³ hanteren, betekent een blootstellingsconcentratie van minder dan 5 µg/m³ niet dat er geen verdere maatregelen hoeven te worden genomen van de kant van werkgevers of exploitanten, omdat de pan-Europese eis van minimalisering of, in het beste geval, preventie nog steeds van toepassing is.

Het ligt in de lijn der verwachting dat het "Duitse model" de komende jaren ook in de andere landen zal worden aangepast.

Voor de fabrikanten van motoren, turbines, krachtbronnen en uitlaatcomponenten moet Richtlijn 2004/37/EU ook op pan-Europese basis worden beschouwd, zodat het verplicht is om hun eigen producten zo uit te rusten dat ze geen kankerverwekkende en milieubelastende chromaten produceren.

Het feit dat de technische systemen in de leveringstoestand geen chromaten bevatten, kan echter betekenen dat ze chromaten produceren vanaf het moment dat ze in gebruik worden genomen, en dus geldt de bindende minimalisatie-eis ook voor de fabrikanten.

10.2 Voor gebieden buiten de EU

Verenigd Koninkrijk (GB/UK)

Vóór de Brexit was Groot-Brittannië, net als alle EU-lidstaten, onderworpen aan de vereisten van Richtlijn 2004/37/EG.

Na het verlaten van de EU geldt de richtlijn van de Britse Health & Safety Executive (HSE), die is vastgelegd in het rulebook

"Controle op stoffen die gevaarlijk zijn voor de gezondheid

De Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (zoals gewijzigd) een goedgekeurde gedragscode en richtsnoeren",

is op schrift gesteld en vereist, net als in de Europese richtlijn 2004/37/EG, dat het minimaliseren van de blootstelling aan kankerverwekkende en mutagene stoffen (CMR-stoffen), voor zover technisch en organisatorisch mogelijk, de hoogste prioriteit heeft op het gebied van gezondheid en veiligheid op het werk en milieubescherming.

Vandaag de dag vertrouwt het VK nog steeds op een principe dat sterk lijkt op het idee van minimalisatie: het zogenaamde ALARP-principe (As Low As Reasonably Practicable).

Deze aanpak houdt in dat de verontreiniging van gevaarlijke stoffen wordt teruggebracht tot een niveau dat zo laag is als redelijkerwijs haalbaar is, rekening houdend met de technische, economische en organisatorische haalbaarheid.

Ook na de Brexit zal er dus een sterke focus blijven op het verminderen van de blootstelling aan CMR-stoffen, vergelijkbaar met de eisen die voorheen rechtstreeks uit Richtlijn 2004/37/EG werden afgeleid.

De ALARP-principes zijn niet opgeschreven als een onafhankelijke "ALARP Act" voor CMR-stoffen, maar vloeien

voort uit het algemene wet- en regelgevingskader dat in Groot-Brittannië van toepassing is op de omgang met gevaarlijke stoffen, in het bijzonder kankerverwekkende, mutagene en reprotoxische stoffen. Fundamenteel hierbij is de overdracht van de minimaliseringsverplichtingen van de voorheen geldende EU-richtlijn 2004/37/EG naar Brits recht na de Brexit.

Met name informatie over de toepassing van het ALARP-principe is vooral te vinden in de publicaties en richtlijnen van de Britse Health and Safety Executive (HSE). Relevante bronnen zijn onder meer:

1. **COSHH-voorschriften (Control of Substances Hazardous to Health) en** bijbehorende HSE-richtlijnen:

   Hoewel deze bepalingen en de bijbehorende richtsnoeren (bijv. de ACOP L5) niet expliciet verwijzen naar "ALARP-regels" voor CMR-stoffen, is het fundamentele principe van minimalisering en de verplichting om het risico tot een aanvaardbaar niveau te beperken (ALARP) duidelijk.
2. **HSE-richtlijnen voor ALARP (zo laag als redelijkerwijs mogelijk)**:

   De HSE heeft algemene uitleg van het ALARP-concept gepubliceerd die van toepassing is op alle sectoren. Deze illustreren hoe werkgevers de haalbaarheid van beschermende maatregelen tegen de risico's van CMR-stoffen beoordelen en welke maatregelen zinvol zijn om de ALARP-status te bereiken.
3. **Reducing Risks, Protecting People (R2P2)**:Dit HSE-beleidsdocument over risicobeoordeling en besluitvorming beschrijft in detail de principes die ook worden gebruikt voor de omgang met CMR-stoffen.

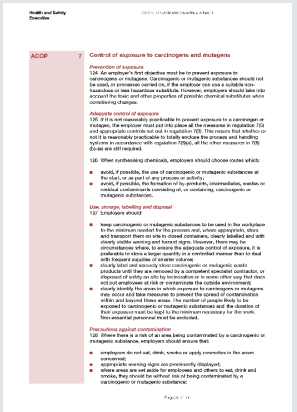
Kortom:

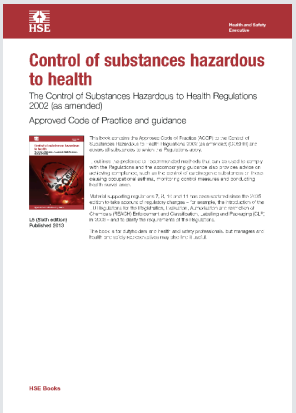
ALARP als principe is terug te vinden in de relevante HSE-richtlijnen, met name in het kader van de COSHH-regelgeving en de HSE-basisrichtlijnen van ALARP.

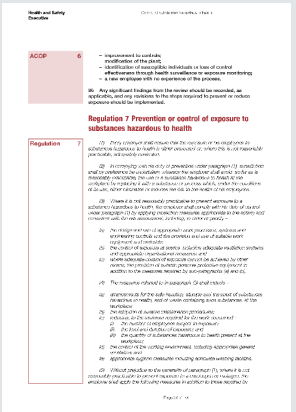
De feitelijke locatie van de ALARP-filosofie voor CMR-stoffen is dus het resultaat van de interactie tussen de Britse wet op gevaarlijke stoffen en de algemene HSE-richtlijnen op het ALARP-principe.

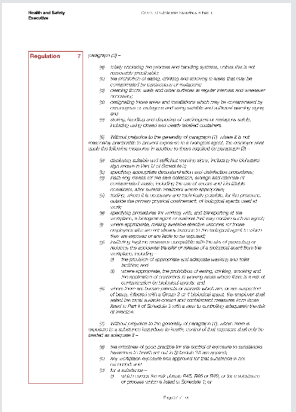
Controle op stoffen die gevaarlijk zijn voor de gezondheid (COSHH)

ACOP 7









Approved Codes of Practice (ACOP's) zijn documenten die zijn uitgegeven door de Britse Occupational Health and Safety Authority **(HSE)** en die praktische richtlijnen bieden over hoe te voldoen aan specifieke voorschriften.

Wat zijn de 8 COSHH-principes?

Beginselen van goede controlepraktijken

- Minimaliseren van emissies, vrijkomen en verspreiding.
- Overweging van blootstellingsroutes.
- Selectie van beheersmaatregelen die geschikt zijn voor het risico.
- Selectie van effectieve besturingsopties.
- Persoonlijke beschermingsmiddelen – de laatste controleoptie.
- Verificatie van de doeltreffendheid van de controles.
- Verstrekking van informatie en opleiding.

De maatregel die wereldwijd is aangenomen en voldoende wordt geacht om alleen een beschermend pak (PBM) te gebruiken, is gebaseerd op onjuiste interpretaties van wet- en regelgeving.

- Persoonlijke beschermingsmiddelen dienen als maatregel te worden ingezet indien alle andere maatregelen (nog) niet tot succes hebben geleid; Het doel van alle maatregelen is echter om blootstelling (via de huid en inhalatie) te elimineren en in de toekomst het beschermende pak niet meer te hoeven gebruiken!

Bibliografie

1. **Studies:**
   - Wu, Y. et al., *Het vormingsmechanisme en de thermische stabiliteit van $CaCrO_4$*, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 514 (2020).
   - Mao, H. et al., *De rol van temperatuur op CrVI-vorming tijdens verhitting van Cr in aanwezigheid van CaO*, Chemosphere 138 (2015).
   - Miyauchi, H. et al., *De vorming van Cr (VI)-verbindingen op het grensvlak tussen metaal en warmte-isolerend materiaal*, J. Ceram. Soc. Jpn. 123 (2015).
2. **Waarschuwingen:**
   - **Innio Jenbacher Ges. mbH & Co.:** Technische instructie TA 2300-0025
   - **MAN Trucks and Bus SE:** Servicefolder 8339SM CrVI
   - **Caterpillar Energy Solutions GmbH:** Technisch circulair chroom(VI)
   - **BG ETEM:** SmPC "Chroom(VI)"
   - **Vrijstaat Thüringen, LV Consumentenbescherming:** blootstelling aan chroom(VI) tijdens het onderhoud en de reparatie van turbines en motoren
3. **Rechtsgrondslag:**
   - CLP-verordening (EG) nr. 1272/2008
   - REACH-verordening (EG) nr. 1907/2006
   - Europees Agentschap voor chemische stoffen (ECHA): beperkingsvoorstel volgens bijlage XV REACH voor chroom(VI)-stoffen, april 2025; advies RAC van 1 juni 2026, ontwerp SEAC van 11 juni 2026
   - Verordening (EG) nr. 1907/2006 (REACH), artikel 3, punt 24, begripsomschrijving „gebruik"
   - Verordening inzake gevaarlijke stoffen (GefStoffV) van 26 november 2010, laatstelijk gewijzigd op 17 december 2025, §§ 2, 6, 7, 8, 9, 10, 10a, 18
   - Wet op de productveiligheid (ProdSG)
4. **Technische regels:**
   - **TRGS 400:** Risicobeoordeling
   - **TRGS 510:** Opslag van gevaarlijke stoffen
   - **TRGS 561:** Werkzaamheden met kankerverwekkende metalen en hun verbindingen, versie van 4 mei 2026, paragrafen 3.3.4, 4.1, 4.2 en 5.9.3
   - **TRGS 600:** Vervanging
   - **TRGS 900:** Limieten voor beroepsmatige blootstelling
   - **TRGS 910:** Risicogerelateerd concept van maatregelen voor activiteiten met kankerverwekkende gevaarlijke stoffen
5. **Gestis databank:**
   - Gegevensbladen voor **calciumchromaat-**, **natriumchromaat-**, **chroom(VI)-** en **chroom(III)-verbindingen**.
6. **Verdere referenties:**
   - DFG MAK en BAT Waardelijst (2024)
   - EU-richtlijn 2004/37/EG
   - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA): chroom(VI)-verbindingen, beoordelingsmaatstaven volgens TRGS 910 en TRGS 561

Versiegeschiedenis

Versie	Datum	Wijziging
1.0	december 2024	Eerste uitgave
1.1	november 2026	Nieuwe opmaak in het ontwerpsysteem van de Chromaatexperts; schrijfwijze chroom(VI) geüniformeerd; hoofdstuknummer 9 van de conclusies gewijzigd in 10 (10.1, 10.2). Actualisering: eenheid van de EU-grenswaarde gecorrigeerd (0,005 mg/m³). Risicoconcept voor chroom(VI) volgens de geldende rechtstoestand weergegeven: geen acceptatieconcentratie, beoordelingsmaatstaf 1 µg/m³ volgens TRGS 910 en TRGS 561 (4.1, 4.2, 5.1.4, 8.1, 10.1). Verwijzingen naar de verordening inzake gevaarlijke stoffen aangepast aan de versie van 17 december 2025 (4.3.1, 5.1, 8.2, 9). TRGS 561 in de versie van 4 mei 2026 opgenomen (4.3.4). REACH-beperkingsprocedure voor chroom(VI)-stoffen opgenomen (10.1). Literatuurlijst aangevuld. Schrijfwijzen gecorrigeerd (µg/m³, technische regels voor gevaarlijke stoffen).