DIE CHROMATEXPERTEN
ARBEITSSCHUTZ | DEKONTAMINATION | SUBSTITUTION | ENTSORGUNG

Entscheidungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung bei alkali- und/oder erdalkalimetallhaltigen (calciumhaltigen) Dämmsystemen: Chrom(VI)-Risiken in KWK-Anlagen vermeiden (gemäß TRGS 400)

Fakten, Schutzmaßnahmen und Substitutionspflicht für Betreiber

Motorenhersteller und Produzenten von textilen Isoliermaterialien berichten über die Bildung von krebserzeugenden, hautresorptiven und chronisch umweltschädigenden Chrom (VI)-Verbindungen, insbesondere Calciumchromat, durch die Verwendung alkali- und erdalkalihaltiger textiler Hochtemperaturisolierungen.

Die Gefahren, die von den sichtbaren gelblichen Stäuben ausgehen, werden häufig unterschätzt und bagatellisiert, obwohl sie ein ernsthaftes Sicherheitsproblem darstellen.

Allein die Sichtbarkeit und das Aufwirbelungspotential deuten auf großflächige, den gesamten Motorraum kontaminierende Gefahren für Mensch (inhalativ und dermal) **und Umwelt hin und erfordern sofortige Sicherheitsmaßnahmen** (räumliche Abtrennung, Zutrittsverbote, Deinstallation, Dekontamination und Substitution, um den europäischen Vorschriften zum Schutz vor krebserzeugenden Stoffen zu genügen).

Bereits vor Einleitung weiterer Maßnahmen ist eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen, deren Erstellung durch diese Dokumentation erleichtert werden soll, auch um behördliche Anlagenstilllegungen zu vermeiden.





Risiko: Chromate (Chrom (VI)-Verbindungen) in KWK-Anlagen

- **Gefahr**:
  Krebserregende (H350), hautresorptive (H317), umwelttoxische (H410) Chrom (VI)-Verbindungen ($CaCrO_4$, Na_2CrO_4) ***entstehen durch calcium-/natriumoxidhaltige Dämmstoffe (CaO/Na_2O) bei 350–750°C.***
- **Risiken**:
  *Inhalativ (bis 6,99 µg/m³, Toleranz 1 µg/m³, TRGS 910), dermal (Hautgeschwüre), umwelttechnisch (**100 mg Chromat (entspricht einer Messerspitze) können 333.333 Liter Trinkwasser kontaminieren**).*
- **Praxis**:
  Mitarbeiter „behandeln („neutralisieren“)“ dermal und inhalativ unkontrollierbare Chromatstäube teilweise ohne ausreichende Schutzkleidung und ohne Risikokonzept mit Flüssigkeiten und installieren neue, wiederum calciumhaltige (oder vermeintlich dekontaminierte) Dämmstoffe, was Risiken perpetuiert.
- **Betroffene:**
  Nicht nur Isolierer, sondern auch Servicetechniker, Hausmeister, Besucher sind ungeschützt exponiert.
- **Missverständnisse**:
  Behauptungen wie „*Cr (VI)-Bildung ist dämmstoffunabhängig*“ (EiiF) **sind wissenschaftlich unhaltbar** (Sayano et al., 2019).
  Neutralisation (Ascorbinsäure) **ist unzuverlässig und erzeugt toxische Nebenprodukte** (H411/H412).

Gesetzliche Pflichten:

- **GefStoffV § 6**: Sofortige Gefährdungsbeurteilung für alle Betroffenen.
- **TRGS 561/910**: Substitutionspflicht bei krebserregenden Stoffen, Dokumentation (40 Jahre).
- **REACH** (Artikel 60–62): Chrom (VI), teilweise als SVHC, **Substitution verpflichtend**.
- **Berufskrankheiten**: Lungen-/Hautkrebs (BK-Nr. 1103) **meldepflichtig**.



©Die Chromatexperten

Lösung: Substitution als Endpflicht

- **Substitution (S):**
  alkali-/erdalkalimetallfreie (ugs. „Calciumfreie") Dämmstoffe (z. B. New Componit, TTSC, Kavarmat) verhindern Alkali-/Erdalkali-Chromat-Bildung.

  - **Prinzip:**
    „Kein Calcium – Kein Calciumchromat", „Kein Natrium – Kein Natriumchromat" usw.

  - **Vorteile:**
    bereits über mehrere Jahre markterprobt, gesetzeskonform, hautfreundlich („es juckt nicht"), umweltfreundlich.

- **Übergangsmaßnahmen, technisch (T):**

  Bis zur endgültigen Substitution sind technische Maßnahmen (PSA, Absaugung) vorgeschrieben, wobei Absaugungen/Einhausungen nicht nur in KWK-Anlagen oft technisch begrenzt sind, was die Substitutionsgeschwindigkeit unterstreicht.

  Industriesauger (Staubklasse H), Folieneinhausung (wo möglich).
  Auffangwannen**, „abflussfreies Arbeiten", **Verschleppungsgefahr

- **Organisatorische Maßnahmen (O):**

  - Zutrittsverbote, Schulungen.

  - **Dokumentation**:
    Expositionsverzeichnis (40 Jahre!), Wirksamkeitsprüfung.

- **Persönliche Schutzausrüstung/Maßnahmen (P):**

  - **PSA**
    FFP3-Atemschutz, Schutzanzug Typ 5 (verpflichtend).

  - **Arbeitszeitverkürzung**
    (erschwertes Arbeiten [Maske, Anzug])

- **Umweltschutzmaßnahmen:**

  - **Entsorgung:**
    Kontaminierte Materialien als Sondermüll (AVV 060313).*



©Die Chromatexperten

Warum jetzt handeln?

I. **Gesundheit:**
Schutz vor Krebsrisiken für alle Mitarbeiter.

II. **Rechtlich:**
Vermeidung von Bußgeldern/Anlagenstilllegung.

III. **Kosten:**
Substitutionspflicht erspart langfristige und regelmäßige PSA-/Dekontaminationskosten.

IV. **Image:**
Gefahr, den Nachhaltigkeitsstatus zu verlieren; unkontrollierte Chrom (VI)-Freisetzung und -Verschleppung (H410) bedroht „grüne" (umweltfreundliche) Energie.

Nächste Schritte:

- **Laufendes Quartal - die Gefahr erkennen**
  Sicherheitsfachkraft (SiFa) beauftragen, PSA bereitstellen, Schulungen starten.
- **Nächstes Quartal – der Gefahr begegnen:**
  Substitutionsprüfung mit SiFa bzw. Chromatexperten beginnen.
- **Übernächstes Quartal – die Gefahr beseitigen:**
  Dekontamination/Substitution durch geschulte Teams.

Kontakt:

Chromatexperten-Hotline: +4915254299530, Mail: info@chromatexperten.de

„Mit geschulten Dekontaminationsteams und markterprobten Lösungen helfen wir, die bestehenden Chrom(VI)-Risiken zeitnah einzudämmen, um sie anschließend zu eliminieren."

Schalten Sie die jetzige rote GefStoffV-Ampel wieder auf grün



©Die Chromatexperten

Quick Guide:

Schutz vor Chromium (VI) in Blockheizkraftwerken (BHKW)

Nahezu alle Standarddämmstoffe in BHKW-Anlagen (z. B. Isolationsmatratzen, Mineralwolle) enthalten Calciumoxid (CaO) oder Natriumoxid (Na_2O). Diese Stoffe reagieren bei hohen Temperaturen (300–750 °C) mit chromhaltigem Stahl und bilden krebserregende Chromium (VI)-Verbindungen, wie Calciumchromat oder Natriumchromat.

Durch Substitution, welche auf sofortige Schutzmaßnahmen und Dekontamination folgt, können Mitarbeiter und Umwelt geschützt werden – handeln wir jetzt, um gesetzliche Anforderungen zu erfüllen und Risiken zu minimieren!

Diese Entscheidungshilfe begleitet die interne HSE-Abteilung, die externe Fachkraft für (Arbeits-)Sicherheit (SiFa) bei der Durchführung aller Verpflichtungen, die sich aus einer Gefährdung durch krebserregende, mutagene, reprotoxische (KMR-Stoffe) und umweltschädliche Gefahrstoffe aufgrund der GefStoffV (Gefahrstoffverordnung, neueste Fassung vom 04.12.2024), sowie der Technischen Richtlinien für Gefahrstoffe (TRGS), u.a. der TRGS 400, 401, 402, 500, 561, 600, 905, 910, abgeleitet von der europäischen KMR-Direktive 2004/37/EU, welche alle im Zusammenhang mit der Gefährdung durch Chrom (VI)-Verbindungen anzuwenden sind.

Innerhalb der letzten Jahren sind von einigen Motorenherstellern, Produzenten von Hochtemperaturisolations-materialien, sowie von einigen Behörden und Institutionen Warnungen, Berichte und Handlungsempfehlungen veröffentlicht worden, die zum Teil widersprüchlich sind und dabei auch einige Narrative bedienen, die nicht dazu führen, dass die tatsächlichen Gefahren korrekt eingeschätzt werden können.

Einige dieser Narrative, insbesondere Aussagen wie „die Chromate entstehen isolationsmaterialunabhängig", „nur Luftmessungen können das Risiko abbilden", „es gibt keine alkali- und/oder erdalkalimetallfreien Isolierungen", „die Entstehung der Chromate ist bis heute nicht geklärt" und vor allem „nur Isolierer haben Kontakt mit Chromaten und die haben sowieso Schutzkleidung an" werden in diesem Leitfaden ausreichend behandelt und werden nach sachlicher und pragmatischer Auswertung dazu führen, dass die logische Konsequenz das hier vorgestellte fachgerechte Dekontaminations- und Substitutionskonzept ist; entgegen einiger anderer Behauptungen, aber das darf die Entscheider nicht davon abhalten, die nötigen Schritte einzuhalten.

Nach erfolgtem Studium dieser zugegeben etwas umfangreicher Anleitung wird man möglicherweise verstehen, warum einige der genannten Protagonisten genau so informieren, wie sie es gerade praktizieren, denn die Substitutionsentscheidung, die zwangsläufig zu treffen ist, kann dazu führen, dass der eine oder andere Verfasser der o.g. Hinweise/Technischen Anweisungen/Empfehlungen nicht die logischen Konsequenzen detailliert darstellt.

Am Ende ist aber derjenige für das Maßnahmenpaket verantwortlich, der die betroffene Anlage betreibt und einige Sprichwörter werden unweigerlich in den Sinn kommen, aber das soll es an der uns immer vorgeworfenen Polemik nun auch gewesen sein.

Olesnica, im April 2025

Markus Sommer
Gefahrstoffbeauftragter, Chromatexperte

©Die Chromatexperten

Inhaltsverzeichnis:

Entscheidungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung bei alkali- und/oder erdalkalimetallhaltigen (calciumhaltigen) Dämmsystemen: Chrom(VI)-Risiken in KWK-Anlagen vermeiden (gemäß TRGS 400) 1

Risiko: Chromate (Chrom (VI)-Verbindungen) in KWK-Anlagen 2

Lösung: Substitution als Endpflicht 3

Warum jetzt handeln? 4

Quick Guide: 5

Inhaltsverzeichnis: 6

I. Grundlage Gefährdungsbeurteilung gemäß TRGS 400 8

II. Begründung zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung: 9

III. Diese Entscheidungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung gem. TRGS 400 wird aufgrund folgender Dokumentenkenntnis erstellt: 14

IV. Zusammenfassung zur Dokumentenkenntnis 15

1) Arbeitsbereiche festlegen 18

1) Tätigkeiten festlegen 19

2) Gefährdungen ermitteln 20

2.1) Verteilung durch mechanische Einflüsse und Wartungsarbeiten 21

2.2) Umweltschädliche Bewertung und Verschleppung 22

3) Gefährdungen beurteilen 23

3.1 Vorgehensweise 23

Risikomatrix TRGS 402 (Inhalation): 24

Für KWK-Anlagen gelten folgende Verwirbelungsszenarien bei Wartungsarbeiten, Arbeiten mit gebrauchten Isolationsmaterialien: 25

Nicht messtechnische Ermittlungsmethode (Inhalation/Verwirbelung): 26

Zusammenfassung der stofflichen Gefahren (H350, H317, H, H410) 28

4. Schutzmaßnahmen festlegen 29

4.1 Allgemeines Vorgehen 29

4.2 Substitution (S) 29

4.3 Technische Maßnahmen (T) 29

4.4 Organisatorische Maßnahmen (O) 29

4.4.1 wichtiger Hinweis zu sogenannten „Neutralisierungsmaßnahmen“: 29

4.4.2 Notfallmaßnahmen 30

4.4.3 Betriebsanweisung: Umgang mit Chrom (VI)-kontaminierten Materialien 30

4.5 Persönliche Schutzmaßnahmen (P) 31

4.6 Abfall- und Umweltschutzmaßnahmen 31

4.7 Chronologische visuelle Darstellung (Bildverlauf) am Beispiel unterschiedlicher Motorenmodelle 32

..... 33

..... 33

4.8 Bewertung und Dokumentation 33

©Die Chromatexperten

5) Maßnahmen durchführen ... 34
6) Wirksamkeit überprüfen ... 35
7) Dokumentieren und fortschreiben ... 37
A) Substitutionsprüfung ... 38
B) analytische Messverfahren und -methoden ... 39
Chrom (VI)-Tests, manuell lokal, mobil lokal, labortechnisch ... 39
40
C) analytische Messverfahren und -methoden ... 40
personengetragene Gefahrstoffmessung ... 40
D) Arbeitsmedizinische Vorsorge- und Mitwirkungspflicht ... 41
Beurteilung der Expositionswege und Gesundheitsrisiken ... 41
E) Organigramm – Substitution chromaterzeugender Isolationssysteme ... 43
F) Wichtige Ergänzung: ... 44
positive Chrom (VI)-Nachweise an unterschiedlichen Dämmstoffen ... 45
Chrom(VI)-Belastungen im technischen Umfeld – Sachliche Richtigstellungen gängiger Missverständnisse ... 46
1. "Nur Luftmessungen können Aufschluss darüber geben, ob eine Belastung mit Chrom (VI) am Arbeitsplatz als hohes Risiko einzuschätzen ist" ... 46
2. "Durch Neutralisierungsarbeiten wird krebserregendes Chrom (VI) in wenig gefährliches Chrom (III) verwandelt, welches auch in unserer Nahrung vorkommt" ... 47
3. "Nur Isolierer kommen mit Isoliermaterial in Kontakt und die haben sowieso einen Schutzanzug an" ... 48
4. "Das bisschen Pulver" ... 49
5. "Chrom (VI)-Verbindungen entstehen isolationsmaterialunabhängig" ... 50
6. "Es gibt keine Vorschriften für den Umgang mit Chrom (VI)-Verbindungen" ... 51
7. "Die Bildung von Chrom (VI)-Verbindungen im Motoren- und Kraftwerksbereich ist bis heute nicht geklärt" ... 51
8. "Es gibt (noch) keine calciumfreien Isolationsmaterialien" ... 52
G) Zusammenfassung: ... 53
1. Luftmessungen sind wichtig, aber nicht allein entscheidend. ... 53
2. Neutralisation ersetzt keine Dekontamination. ... 53
3. Nicht nur Isolierer sind betroffen. ... 53
4. "Das bisschen Pulver" reicht. ... 53
5. Chrom (VI)-Bildung ist materialabhängig. ... 53
6. Strenge Vorschriften gelten. ... 53
7. Die Entstehung von Chrom (VI)-Verbindungen (Chromaten) ist gut dokumentiert. ... 53
8. Es gibt „calciumfreie" Isolationssysteme. ... 53
Kein Calcium – Kein Calciumchromat! ... 53
Unternehmen für Dekontaminationsarbeiten und Substitutionslösungen: ... 54
Unternehmen für alkali- und erdalkalimetallfreie Isolationsmaterialien: ... 54
Chrom (VI)-Schnelltests, Wischtests, mobiles Chrom (VI)-Labor, Analysetechnik, Chrom (VI)-Luftmessungen: ... 54

©Die Chromatexperten

I. Grundlage Gefährdungsbeurteilung gemäß TRGS 400

Krebserregende, hautresorptive und chronisch umweltschädliche Chrom (VI)-Verbindungen (Chromate) auf mit alkali- und erdalkalimetalloxidhaltigen wärmegedämmten chromhaltigen Metallheißteilen, insbesondere Großmotoren und Komponenten der Abgastechnik

Gefahrstoffe (einzeln oder als Komplex):

Calciumchromat ($CaCrO_4$) – bei Fasermatten und textilen Isolierformteilen

Natriumchromat (Na_2CrO_4) – in Verbindung mit $CaCrO_4$, z. B. bei Mineralwollprodukten

Geltungsbereich (einschließlich dampfführender Leitungen):

- Blockheizkraftwerke (BHKW/KWK)
  insbesondere Motoren der Firmen
  Innio Jenbacher,
  MAN,
  MWM,
  MTU/Rolls Royce u.a.
- Notstromaggregate
- Dampf- und Gasturbinen
- Automotive (Komponenten der Abgasnachbehandlung)

Relevantes Regelwerk:

2004/37/EU (KMR-Direktive)

Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
Die vorliegende Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt die novellierte Gefahrstoffverordnung (05.12.2024, BGBI. I Nr. 384).
TRGS (u.a.) 400, 401, 402, 561, 600, 905, 910

MAK-/BAT-Liste
Gestis-Stoffdatenbank
CLP | REACH

Olesnica, im April 2025

©Die Chromatexperten

II. Begründung zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung:

Auszüge und Zitierungen der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und diverser Richtlinien (TRGS)

„Die Gefährdungsbeurteilung ist die systematische Ermittlung und Bewertung relevanter Gefährdungen der Beschäftigten mit dem Ziel, erforderliche Maßnahmen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit festzulegen. Grundlage ist eine Beurteilung der mit den Tätigkeiten verbundenen inhalativen (durch Einatmen), dermalen (durch Hautkontakt), oralen (durch Verschlucken) und physikalisch-chemischen Gefährdungen (z.B. Brand und Explosionsgefährdungen) sowie der sonstigen durch Gefahrstoffe bedingten Gefährdungen."

„**Der Arbeitgeber darf eine Tätigkeit mit Gefahrstoffen erst aufnehmen lassen, nachdem eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt wurde und die erforderlichen Schutzmaßnahmen getroffen wurden**."

„Die mit den Tätigkeiten verbundenen **inhalativen**, **dermalen** und **physikalisch-chemischen** Gefährdungen sind **unabhängig voneinander zu beurteilen und in der Gefährdungsbeurteilung zusammenzuführen**."

„Die Gefährdungsbeurteilung ist vom Arbeitgeber fachkundig zu erstellen. Ist der Arbeitgeber nicht selbst fachkundig, dann muss er sich fachkundig beraten lassen."

„Vor Beginn der Tätigkeiten müssen die Arbeitsbedingungen fachkundig beurteilt werden, um die festzulegenden Schutzmaßnahmen für die sichere Ausführung der Tätigkeiten bewerten oder überprüfen zu können."

„**Der Arbeitgeber ist verpflichtet, die Gefährdungsbeurteilung bei Änderung der Betriebs- und Verfahrensweisen sowie bei neuen Erkenntnissen zu den Stoffeigenschaften zu aktualisieren**."

„Neben den Stoffeigenschaften hat der Arbeitgeber die Tätigkeiten, Arbeitsabläufe, Verfahren, Arbeits-, Betriebs- und Umgebungsbedingungen zu ermitteln und zu berücksichtigen".

„Alle nach CLP-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, CLP-VO) als gefährlich eingestuften Stoffe, Gemische und Erzeugnisse sind Gefahrstoffe."

„**Der Arbeitgeber hat sich die für die Gefährdungsbeurteilung notwendigen Informationen beim Lieferanten, Veranlasser oder aus anderen, ihm mit zumutbarem Aufwand zugänglichen Quellen zu beschaffen.**"

„**Gefahrstoffe sind auch alle Stoffe, für die Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900), Biologische Grenzwerte (TRGS 903), Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen (TRGS 910) oder Beurteilungsmaßstäbe in den entsprechenden TRGS veröffentlicht wurden**. Weitere Informationen zu krebserzeugenden und sensibilisierenden Gefahrstoffen finden sich in den TRGS 905 und TRGS 907."

©Die Chromatexperten

„**Gefahrstoffe können auch bei Tätigkeiten entstehende oder freigesetzte Stäube** (einschließlich Rauche, ultrafeine Partikel), Gase, Dämpfe oder Nebel **sein**."

„**Die mit den Tätigkeiten verbundenen inhalativen (Einatmen), dermalen (Hautkontakt), physikalisch-chemischen (z.B. Brandgefährdung und Explosionsgefährdung) und sonstigen durch den Gefahrstoff bedingten Gefährdungen, wie z.B. durch Temperatur oder Druck sind zu beurteilen**."

„**Bei der Beurteilung der Gefährdung sind auch Gefährdungen durch das Verschlucken von Gefahrstoffen (orale Aufnahme) zu berücksichtigen, wenn die Möglichkeit dieser Gefährdung bei den zu beurteilenden Tätigkeiten nicht ausgeschlossen werden kann. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn mit verschmutzten Händen oder Schutzhandschuhen in das Gesicht gegriffen wird. Zu berücksichtigen ist auch eine mögliche Kontamination von Pausenverpflegung und verwendeten Arbeitsmitteln durch unzureichende Hygiene**."

„Die Gefährdungsbeurteilung ist Grundlage für die Festlegung von Schutzmaßnahmen, welche die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten und anderer Personen bei allen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen gewährleisten müssen. Die Allgemeinen Schutzmaßnahmen nach der GefStoffV sind dabei immer zu berücksichtigen."

„**Der Arbeitgeber hat auf der Grundlage des Ergebnisses der Substitutionsprüfung nach § 6 Absatz 1 Satz 2 Nummer 4 vorrangig eine Substitution durchzuführen. Er hat Gefahrstoffe oder Verfahren durch Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse oder Verfahren zu ersetzen, die unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten nicht oder weniger gefährlich sind**."

„Beschäftigte **müssen** die bereitgestellte **persönliche Schutzausrüstung verwenden, solange eine Gefährdung besteht**. **Die Verwendung von belastender persönlicher Schutzausrüstung darf keine Dauermaßnahme sein. Sie ist für jeden Beschäftigten auf das unbedingt erforderliche Minimum zu beschränken**."

„**Besteht trotz Ausschöpfung aller technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen bei hautresorptiven, haut- oder augenschädigenden Gefahrstoffen eine Gefährdung durch Haut- oder Augenkontakt, hat der Arbeitgeber unverzüglich persönliche Schutzausrüstung bereitzustellen**."

„**Gefährdung durch Hautkontakt liegt vor, wenn bei Feuchtarbeit oder Tätigkeiten mit hautgefährdenden oder hautresorptiven Stoffen eine Gesundheitsgefährdung der Beschäftigten nicht auszuschließen ist**."

„**Der Arbeitgeber hat die Exposition der Beschäftigten durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere geeignete Ermittlungsmethoden zu bestimmen**, auch um erhöhte Expositionen infolge eines unvorhersehbaren Ereignisses oder eines Unfalls schnell erkennen zu können,

©Die Chromatexperten

die Arbeitsbereiche abzugrenzen, in denen Beschäftigte gegenüber diesen Gefahrstoffen exponiert werden oder exponiert werden können und die erforderlichen Sicherheitszeichen einschließlich der Verbotszeichen „Zutritt für Unbefugte verboten“ und „Rauchen verboten“ anzubringen; dabei richtet sich die Auswahl der Sicherheitskennzeichnung nach Anhang II Nummer 3.1 der Richtlinie 92/58/EWG des Rates vom 24. Juni 1992 über Mindestvorschriften für die Sicherheits- und/oder Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (Neunte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. L 245 vom 26.8.1992, S. 23), die zuletzt durch die Verordnung (EU) 2019/1243 (ABl. L 198 vom 25.7.2017, S. 241) geändert worden ist,

sicherzustellen, dass die nach Nummer 2 gekennzeichneten Arbeitsbereiche nur den Beschäftigten zugänglich sind, die sie zur Ausübung ihrer Arbeit oder zur Durchführung bestimmter Aufgaben betreten müssen,“

„Kann der Arbeitsplatzgrenzwert, oder der Grenzwert nach § 7 Absatz 8 Satz 1 Nummer 2 nicht eingehalten werden oder **liegen Tätigkeiten im Bereich mittleren Risikos vor**, **so hat der Arbeitgeber die Expositionsdauer der Beschäftigten so weit wie möglich zu verkürzen und den Beschäftigten geeigneten Atemschutz zur Verfügung zu stellen**.“

„**Der Arbeitgeber hat im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 festzulegen, bei welchen Tätigkeiten Beschäftigte persönliche Schutzausrüstung tragen müssen**. Dies ist insbesondere der Fall **bei Tätigkeiten im Bereich mittleren Risikos beim Auftreten von Expositionsspitzen**.“

„Kann **bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B** trotz Ausschöpfung der technischen Schutzmaßnahmen der Arbeitsplatzgrenzwert nicht eingehalten werden oder **werden Tätigkeiten im Bereich mittleren Risikos ausgeübt, hat der Arbeitgeber unverzüglich einen Maßnahmenplan zu erstellen**. **In dem Maßnahmenplan ist darzulegen, wie das Ziel erreicht werden soll, den Arbeitsplatzgrenzwert einzuhalten oder in den Bereich niedrigen Risikos zu gelangen**.

Dabei sind aufzuführen:

1. die vorgesehenen Maßnahmen,

2. die angestrebte Expositionsminderung sowie

3. der geplante Zeitrahmen.

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

©Die Chromatexperten

„Um im Falle einer späteren Erkrankung die Höhe und die Dauer einer Exposition nachvollziehen zu können, hat **der Arbeitgeber ein Verzeichnis über die Beschäftigten zu führen**, die solche Tätigkeiten mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen oder reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B ausüben, bei denen die Gefährdungsbeurteilung eine Gefährdung ihrer Gesundheit ergibt. In dem Verzeichnis sind die Tätigkeit sowie die Höhe und die Dauer der Exposition der Beschäftigten anzugeben. § 22 Absatz 2 des Bundesdatenschutzgesetzes gilt entsprechend.

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

1. **bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B 40 Jahre**“

„Für die Beurteilung der Gefährdungen durch inhalative Exposition sind zu berücksichtigen: die in der TRGS 910, Abschnitt 3.1 und Anlage 1, bekannt gemachten Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen für krebserzeugende Gefahrstoffe.

Ein Vergleich der Expositionshöhe, der die Beschäftigten ausgesetzt sind, mit den Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen entscheidet über die Notwendigkeit und Dringlichkeit von Schutzmaßnahmen nach dem gestuften Maßnahmenkonzept gemäß TRGS 910, Abschnitt 5.“

„Für krebserzeugende Stoffe der Kategorien 1A oder 1B ohne Akzeptanz- oder Toleranzkonzentration oder ohne verbindlichen Grenzwert gelten das Minimierungsgebot nach dem Stand der Technik sowie Ziffer 4 oder 5 dieser Auflistung sowie Absatz 4,“

„Als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung hat der Arbeitgeber die erforderlichen Schutzmaßnahmen bei den beurteilten Tätigkeiten mit Gefahrstoffen festzulegen.

„Bei der Auswahl der erforderlichen Schutzmaßnahmen sind immer die allgemeinen Schutzmaßnahmen gemäß GefStoffV zu berücksichtigen. Darüber hinaus sind erforderlichenfalls zusätzliche Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Gefahrstoffe festzulegen. Die in dem Technischen Regelwerk beschriebenen Schutzmaßnahmen, z.B. die TRGS 500 sowie die besonderen Vorschriften für bestimmte Gefahrstoffe und Tätigkeiten im Anhang I der GefStoffV sind zu beachten.“

©Die Chromatexperten

„Bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen ist die Rangfolge der Schutzmaßnahmen zu beachten:

Vorrang der Substitution gemäß vor technischen und organisatorischen Maßnahmen und vor der Anwendung von Persönlicher Schutzausrüstung."

„**Die Schutzmaßnahmen haben das Ziel, die Gefährdung der Beschäftigten zu minimieren**. **Das Minimierungsgebot ist unter anderem erfüllt, wenn**:

- bei Stoffen mit AGW der Befund bei der Ermittlung der Exposition lautet, dass die Schutzmaßnahmen ausreichend sind, sowie **bei krebserzeugenden Stoffen mit einer Exposition-Risiko-Beziehung die Akzeptanzkonzentration unterschritten ist**,
- bei hautgefährdenden Gefahrstoffen Hautkontakt ausgeschlossen ist"

„Für Tätigkeiten mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorien 1A und 1B sind die besonderen Schutzmaßnahmen nach GefStoffV festzulegen."

„Für krebserzeugende Gefahrstoffe sind die Schutzmaßnahmen unter Beachtung des gestuften Maßnahmenkonzeptes der TRGS 910 festzulegen, wenn die Akzeptanzkonzentration oder ggf. der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) nicht unterschritten ist oder nicht nach verfahrens- und stoffspezifischen Kriterien (VSK) gearbeitet wird."

„Für bestimmte krebserzeugende, keimzellmutagene und reproduktionstoxische Gefahrstoffe gibt es in Technischen Regeln konkrete Vorgaben zur Gefährdungsbeurteilung und zur Festlegung von Maßnahmen."

„**Bei Tätigkeiten mit einer Gefährdung durch Hautkontakt sind zusätzliche, in der TRGS 401 beschriebene Schutzmaßnahmen erforderlich**."

„**Wird bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen die Gefährdungsbeurteilung auf Grundlage der TRGS 910 durchgeführt und die Akzeptanzkonzentration überschritten, ist der Dokumentation ein Maßnahmenplan nach TRGS 910 hinzuzufügen**. Im Maßnahmenplan ist anzugeben, in welchen Zeiträumen und auf Grund welcher zusätzlichen Maßnahmen welche Expositionsminderung erreicht werden soll."

Literatur und Datenbanken:

[1] MAK- und BAT-Werte-Listen, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Wiley-VCH-Verlag

[2] GESTIS-Datenbanken des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV (u.a. Gefahrstoffinformationssysteme,

[3] Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)

[4] TRGS 400, TRGS 401, TRGS 402, TRGS 561, TRGS 600, TRGS 910

[5] CLP/REACH

©Die Chromatexperten

III. Diese Entscheidungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung gem. TRGS 400 wird aufgrund folgender Dokumentenkenntnis erstellt:

- Sayano, A., et al. (2015): „The formation of Cr(VI) compounds at the interface between metal and heat-insulating material and the approach to prevent the formation by sol-gel process." Journal of the Ceramic Society of Japan, 123(8), 677–684. Diese wissenschaftliche Studie bestätigt die Bildung von Chrom(VI)-Verbindungen (insbesondere Calciumchromat und Natriumchromat) an der Kontaktstelle zwischen chromhaltigen Metallen und calcium- oder natriumhaltigen Isolationsmaterialien bei hohen Temperaturen (773–873 K). Sie quantifiziert den Einfluss von Temperatur, Chromgehalt und Expositionsdauer, sie ist abrufbar unter: chromatexperten.de/studien.
- Chromatexperten (2025): „Studie 20250101 Chromate am Arbeitsplatz." Diese praxisorientierte Untersuchung analysiert die Chrom (VI)-Exposition bei der Entfernung beschädigter Isolationsmatratzen an einem MWM-Gasmotor. Sie dokumentiert signifikante Grenzwertüberschreitungen (bis zu 6,99 µg/m³ im Arbeitsbereich, 0,526–0,556 µg/m³ Hintergrundbelastung) und unterstreicht die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen sowie die Substitution calciumhaltiger Materialien. Die Studie ist abrufbar unter: chromatexperten.de/studien.
- Technische Anweisung TA2300-0025 der Firma Innio Jenbacher
- Servicemitteilung 8339SM der Firma MAN Truck & Bus SE
- TechInfo28 der Firma Frenzelit
- Technical Bulletin 217500/EN der Firma Caterpillar
- EiiF Information Paper
- Fachinformation BG ETEM

©Die Chromatexperten

IV. Zusammenfassung zur Dokumentenkenntnis

1. **BG ETEM Fachinformation** (März 2023): Laut BG ETEM kommt es beim Kontakt chromlegierter Stähle mit alkali- und erdalkalimetallhaltigen Materialien (Ca, Mg, Na, K) zwischen 350 und 800 °C zur Bildung gesundheitsschädlicher Chrom (VI)-Verbindungen. Besonders häufig wird Calciumchromat nachgewiesen, welches inhalative und dermale Gefährdungen (Hautirritationen, Sensibilisierung, Krebsgefahr) hervorruft. Eine Substitution durch weniger toxische Materialien wird empfohlen, ebenso wie technische und persönliche Schutzmaßnahmen (u.a. Schutzanzüge, Atemschutzmasken FFP3, staubarmes Arbeiten).

2. **Caterpillar Technical Bulletin**: Caterpillar bestätigt durch unabhängige Labortests die Entstehung von gelblichen Ablagerungen (Chrom (VI)-Verbindungen) an Abgas- und Wärmeschutzsystemen ihrer Motoren. Caterpillar selbst setzt kein Chrom (VI) ein, schließt jedoch die Bildung aufgrund externer Einflüsse nicht aus und empfiehlt umfangreiche Schutzmaßnahmen und Hygieneregeln (Verwendung von Atemschutzmasken, Schutzanzügen, Entsorgung als Sondermüll).

3. **Frenzelit TechInfo 28** (Januar 2024): Frenzelit bestätigt die Bildung toxischer Chrom (VI)-Verbindungen in bestimmten Hochtemperaturanwendungen bei Verwendung calciumoxidhaltiger Materialien. Voraussetzungen sind chromlegierte Stähle, Calciumoxid, Sauerstoff und Temperaturen über 350 °C. Frenzelit weist explizit darauf hin, dass textile Isolationsmaterialien Calciumoxid enthalten und somit ein Risiko für Chrom (VI)-Bildung besteht. Sicherheitsvorkehrungen bei Wartung und Entsorgung sind zwingend.

4. **MAN Truck & Bus SE Service Information** (Dezember 2023): MAN bestätigt die Bildung von Calciumchromat-Ablagerungen durch Kontakt chromhaltiger Edelstähle mit calciumhaltigen Materialien bei Temperaturen über 300 °C. Gesundheitliche und umweltbezogene Risiken sind erheblich (krebserzeugend, hautsensibilisierend, umweltgefährdend). Umfangreiche Schutzmaßnahmen, inkl. Atemschutzmasken (FFP3), chemikalienbeständiger Schutzkleidung und Nutzung calciumfreier Montagepasten sind vorgeschrieben.

5. **INNIO Jenbacher Technische Anweisung** (TA 2300-0025, Oktober 2023): INNIO dokumentiert die Bildung von Chrom(VI)-Verbindungen durch Reaktion von chromhaltigem Stahl mit calciumhaltigem Isolationsmaterial bei Temperaturen über 400 °C. Ablagerungen bilden sich auf Motorenteilen als gelbliches Pulver. INNIO empfiehlt umfassende persönliche und technische Schutzmaßnahmen sowie strenge Hygieneregeln bei Montage- und Wartungsarbeiten.

6. **EiiF Information Paper** (Februar 2025): Die European Industrial Insulation Foundation (EiiF) bestätigt die Bildung von Chrom (VI)-Verbindungen an technischen Anlagen bei Vorliegen von chromhaltigen Edelstählen, Sauerstoff, Feuchtigkeit und Temperaturen über 400 °C. Chrom (VI)-Verbindungen sind hochtoxisch, krebserregend und können genetische Schäden verursachen. EiiF empfiehlt umfassende technische Schutzmaßnahmen, persönliche Schutzausrüstung (PSA), sowie sorgfältige hygienische Vorgehensweisen bei Arbeiten mit möglicher Chrom(VI)-Exposition.

Alle Quellen bestätigen die Bildung hochtoxischer Chrom (VI)-Verbindungen in industriellen Hochtemperaturanwendungen bei Vorhandensein von chromlegiertem Stahl und insbesondere calciumhaltigen Materialien; die Empfehlung, dringend Schutzmaßnahmen umzusetzen ist einheitlich; die BG ETEM empfiehlt gefährliche Materialien durch risikoarme Substitute zu ersetzen, wenn diese eine geringere Toxizität aufweisen.

Die Studien von Sayano et al. (2015) und der Chromatexperten (2025) belegen die Bildung toxischer Chrom (VI)-Verbindungen durch calcium- und natriumhaltige Isolationsmaterialien sowie die signifikante Expositionsgefahr bei Wartungsarbeiten.

Sie unterstreichen die Dringlichkeit von Substitution und technischen Schutzmaßnahmen gemäß TRGS 910 und GefStoffV.

©Die Chromatexperten

Die Verfasser dieser Ausarbeitung haben innerhalb der letzten Jahren viele der beschriebenen technischen Anlagen besucht und inspiziert und im Rahmen der Untersuchungen oder bei der Begleitung von Servicearbeiten ausreichende Erkenntnisse in Form von Fotos, vor Ort-Schnelltests, mobilen Labortests, Staubanalysen (Labor), sowie Hintergrundmessungen gesammelt und ausgewertet.

Sämtliche zitierten Dokumente können bezüglich der Hinweise auf entstandene krebserregende, hautresorptive und umweltschädliche Chrom (VI)-Verbindungen (Chromate) bestätigt werden.

Die mobilen Laboranalysen, Staubanalysen und die selbst veranlassten Luftmessungen, die sowohl beim Hantieren von gelagerten, vorher im Einsatz gewesenen Dämmelementen bzw. als Ermittlung der Hintergrundkonzentration für Arbeitsbereiche, bei denen Dritte, nicht mit Isolationsarbeiten beauftragte Personen involviert sind, **bestätigen die nicht ausreichend berücksichtigte Gefährdungssituationen für Mensch und Umwelt**; das betrifft u.a. **Mitarbeiter von Energieunternehmen und externes Servicepersonal, was zu einer Unterschätzung der Gefährdung führen kann.**

Aus diesem Grunde soll diese Gefährdungsbeurteilung vorgefertigt als Arbeitsgrundlage dienen, betroffene Unternehmen und Mitarbeiter, aber auch Besucher vor gesundheitlichen Schäden unverzüglich zu schützen; sie ist nach bestem Wissen und Gewissen und nach neuestem Kenntnisstand angefertigt und kann sofort umgesetzt werden.

Einige Herstellerempfehlungen sind fehlerhaft (siehe spätere Hinweise); deren Anwendung kann zu einer Unterschätzung der Gefährdung führen, was die Umsetzung geeigneter Schutzmaßnahmen erschweren kann.

Diese Entscheidungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung soll daher auch dazu dienen, einer weiteren Bagatellisierung entgegenzuwirken.

Alle aufkommenden Fragen beantworten wir gerne über

unsere Informationshotline unter **+49 1525 429 9530** oder

per Mail an info@chromatexperten.de.

©Die Chromatexperten

Viele Betreiber von Blockheizkraftwerken (BHKW/KWK) sind Mitglied der **Berufsgenossenschaft BG ETEM**.

In dieser ausführlichen Gefährdungsbeurteilung halten wir uns Schritt für Schritt an die im Internet ebenfalls abrufbaren Empfehlungen.



©Die Chromatexperten

1) Arbeitsbereiche festlegen

Arbeitsbereich:

Container oder Motorenraum Blockheizkraftwerk (KWK) mit textil wärmegedämmten Motorenheißteilen















Motorenhersteller: Innio Jenbacher, MWM, MAN, Liebherr, MTU/Rolls Royce u.a.

©Die Chromatexperten

1) Tätigkeiten festlegen

Wartungsarbeiten an Motoren und seinen Komponenten, Austausch und Service Peripherie, andere Arbeiten, wie z. B. Reinigungsarbeiten, Inspektionen oder Transport von Materialien im Motorenraum.






Die Bilder zeigen, dass Wartungsarbeiten häufig ohne Haut- und Atemschutz durchgeführt werden, da die Gefährdung durch Chrom(VI)-Verbindungen offenbar unterschätzt wird. Auch Besuche und Führungen finden regelmäßig ohne entsprechende Schutzmaßnahmen statt. Während auf Gehörschutz geachtet wird, bleiben inhalative und dermale Risiken oft unberücksichtigt.




©Die Chromatexperten

2) Gefährdungen ermitteln

Als Gefährdung wird das zeitliche und räumliche Zusammentreffen von Mensch und Gefahr bezeichnet. Unter Gefährdung versteht man somit die Möglichkeit des Eintritts eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung ohne bestimmte Aussagen über Ausmaß oder Eintrittswahrscheinlichkeit.

Hier:

…

3. **Gefährdungen durch Gefahrstoff**

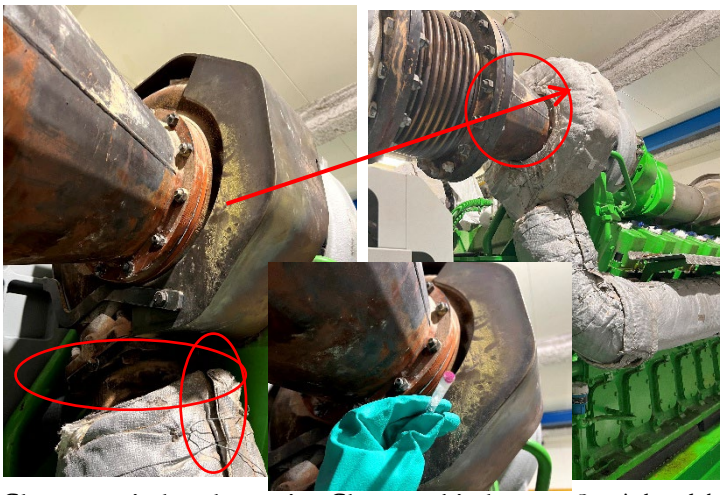
3.1 Hautkontakt mit Gefahrstoffen (Feststoffe, Flüssigkeiten, Feuchtarbeit)
3.2 Einatmen von Gefahrstoffen (Gase, Dämpfe, Nebel, Stäube einschl. Rauche)
3.3 Verschlucken von Gefahrstoffen
3.4 physikalisch-chemische Gefährdungen (z. B. Brand- und Explosionsgefährdungen, unkontrollierte chem. Reaktionen)



Gefahrstoff:

Chrom (VI)-Verbindungen durch thermochemische Reaktion zwischen chromhaltigen Metallheißteil (Motor) und alkali- und/oder erdalkalimetallhaltigen Wärmedämmungen

Chrom (VI)-Verbindungen können mittels Schnelltests, mobiler, aber auch externer Laboranalysen festgestellt werden.



Sichtbare Belastung durch gelbliche Chrom (VI)-haltige Rückstände (Calciumchromat)

Im gesamten Motorenraum finden sich gelbliche Staubablagerungen*, die sich deutlich von normalen Verschmutzungen abheben. Diese wurden durch Herstellerhinweise (Motoren- und Dämmstoffhersteller) eindeutig als Chromate identifiziert, insbesondere als Calciumchromat.*

Chromate sind sechswertige Chromverbindungen. Somit handelt es sich um einen nach CLP-Verordnung **krebserzeugenden Gefahrstoff**, der nicht nur **inhärent toxisch**, sondern auch **persistent** ist.

Einstufung der Stoffe:

H350:	Kann Krebs erzeugen
H317:	Kann allergische Hautreaktionen verursachen
„H“:	Hautresorptiv (Kennzeichnung BAT-/MaK-Liste)
H410:	Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung

©Die Chromatexperten

2.1) Verteilung durch mechanische Einflüsse und Wartungsarbeiten

Die Dämmmaterialien sind gealtert, weisen Abrieb auf und liegen teilweise offen. Zwischen den Segmenten existieren Fugen, durch die Fasern und Stäube austreten; Nähte sind gerissen. Während Wartungsarbeiten wurden bislang Elemente ohne Schutzmaßnahmen demontiert, im Raum zwischengelagert und wieder eingebaut – eine erneute aerosolartige Verteilung des Gefahrstoffs ist daher unausweichlich.

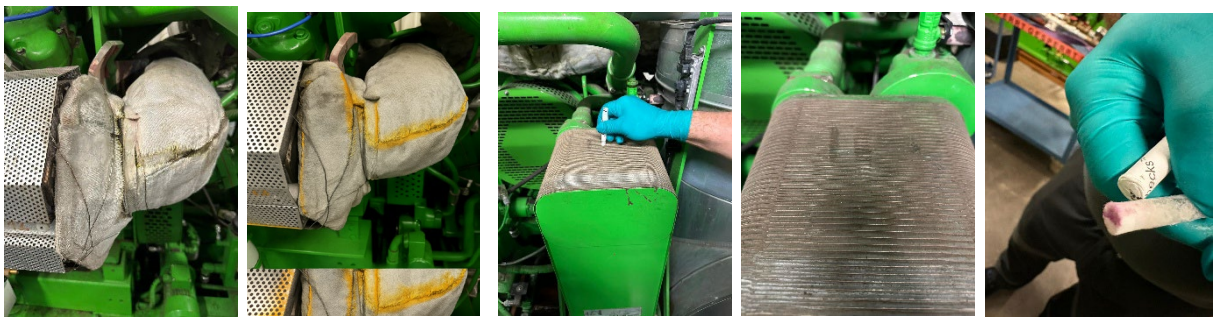


Bild 2 zeigt illustrativ, wie sich die Chromate allein durch Thermik verbreiten, denn Chromate entstehen dort, wo Chromverbindungen (Edelstahldrahtverstärkungen der Isolationsgewebe/Edelstahlbefestigungselemente (Draht)) insbesondere mit Calciumverbindungen (Glasfaser, Isolationsmaterial) auch außerhalb der normalen Entstehungsbereiche (zwischen Wärmedämmung und Heißteil) bilden.

Flächige Verteilung und dermale Exposition

Die Kontamination ist nicht lokal begrenzt!

Staubablagerungen finden sich auf Gehäusen, Kabeltrassen, Bodenflächen sowie in Toträumen. **Eine selektive Messung einzelner Winkel ist weder praktikabel noch aussagekräftig. Aufgrund Menge, Farbe und Herkunft ist ein erweitertes dermales Risiko für den gesamten Arbeitsbereich anzunehmen.**







©Die Chromatexperten

2.2) Umweltschädliche Bewertung und Verschleppung

Calciumchromat ist gemäß CLP mit H410 als wassergefährdend (Aquatic Acute 1/Chronic 1) eingestuft.

Staub kann über Kleidung, Schuhe, Werkzeugkisten und Luftströmungen in angrenzende Bereiche verschleppt werden. Bei Reinigungsarbeiten oder Leckagen besteht das Risiko des Eintrags in Abläufe oder Oberflächengewässer (z. B. durch Nassreinigung oder Regenwasserabfluss), wodurch Bodenkontamination (Gefahrenklasse "WGK 3 – stark wassergefährdend") und langfristige Bioakkumulation entstehen können. Abfälle aus Filtersystemen, kontaminierte Tücher oder Demontageabfälle sind als gefährlicher Abfall (z. B. AVV 06 03 13* / HP14 & HP7) zu entsorgen. Die Verschleppung erhöht damit nicht nur die Arbeitssicherheitsthematik, sondern schafft zusätzlich ein erhebliches Umwelthaftungsrisiko nach WHG und KrWG.

©Die Chromatexperten

3) Gefährdungen beurteilen

3.1 Vorgehensweise

Einordnung der Stoffgefahren:

Chrom (VI)-Verbindungen, krebserzeugend Kat. 1 B, hautresorptiv, sensibilisierend, chronisch giftig für Wasserorganismen mit langfristigen Folgen H350, H317, H410).

Identifikation der Expositionspfade (getrennte Betrachtung gefordert):

* Inhalativ – alveolengängige Staubpartikel.
* Dermal – flächige Kontamination von Oberflächen, PSA, Kleidung.
* Oral – Hand-Mund-Kontakt, verschleppte Stäube in Pausenbereichen.

Die orale Gefährdung durch Hand-Mund-Kontakt oder kontaminierte Pausenverpflegung ist aufgrund der flächigen Verteilung von Chrom(VI)-Stäuben relevant, aber durch Hygienemaßnahmen (z. B. Händewaschen, getrennte Pausenbereiche) minimierbar.

Risikomatrix TRGS 401 (Haut):

3.
3.1
(1) Gemäß der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) hat der Arbeitgeber im Rahmen seiner Gefährdungsbeurteilung die Pflicht, Art, Ausmaß und Dauer der dermalen Gefährdung zu ermitteln und zu beurteilen sowie die erforderlichen Schutzmaßnahmen zur Verhinderung oder Minimierung der Gefährdung durch Hautkontakt festzulegen.

(2) Der Arbeitgeber hat die für die Beurteilung der Gefährdung und die Festlegung der Maßnahmen erforderlichen Informationen für alle Tätigkeiten, Arbeitsverfahren und Arbeitsbedingungen im Hinblick auf den Hautkontakt gegenüber Stoffen, Gemischen und Erzeugnissen zu ermitteln.

Die sichtbaren Chrom (VI)-Ablagerungen auf Oberflächen, kombiniert mit der hautresorptiven Eigenschaft (BAT-Kennzeichnung), rechtfertigen eine Einstufung als „hoch“ ohne messtechnische Quantifizierung, da die Gefährdung offensichtlich ist (TRGS 401, Abschnitt 4.2).

Tabelle 2: Gefährdungsmatrix zur Beurteilung von Hautkontakt mit Gefahrstoffen
Bei Datenlücken sind die unterstellten Gefahrenklassen nach Abschnitt 3.2.1 Absatz 3 zu berücksichtigen.

Bezeichnung der Eigenschaft	Gefahrenklasse und -kategorie	Gefahrenhinweis (H-Satz) bzw. EUH-Satz	Dauer/Ausmaß des Hautkontaktes			
			kurzzeitig (< 15 Minuten/Arbeitstag)		länger andauernd (> 15 Minuten/Arbeitstag)	
			kleinflächig (z. B. Spritzer)	großflächig	kleinflächig (z. B. Spritzer)	großflächig
Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen		EUH066	g	g	g	m
Hautreizung	Skin Irrit. 2	H315	g	m	m	m
Ätzwirkung auf die Haut	Skin Corr. 1 [A, B, C]	H314	m	m	m	h
Hautresorptiv	Acute Tox. 4 (dermal)	H312	g	m	m	h
	Acute Tox. 3 (dermal)	H311	m	m	m	h
	Acute Tox. 3 (dermal) **und** Skin Corr. 1 [A, B, C]	H311 und H314	h	h	h	h
	Acute Tox. 1 oder 2 (dermal)	H310	h	h	h	h
	Hautresorptive Gefahrstoffe nach Abschnitt 3.2.3 Absatz 2 und 3		g	m	m	h
Hautresorptiv und gleichzeitig nebenstehende gefährliche Eigenschaften	Carc. 2 oder Muta.2	H351 oder H341	m	m	m	h
	Repr. 2	H361	m	m	m	m
	Lact.*	H362	h	h	h	h
	Carc. 1A oder 1B oder Muta. 1A oder 1B oder Repr. 1A oder 1B	H350 oder H340 oder H360	h	h	h	h
	STOT SE 2 oder STOT RE 2	H371 oder H373	g	m	m	h
	STOT SE 1 oder STOT RE 1	H370 oder H372	m	m	m	h
Hautsensibilisierend	Skin Sens. 1 [A, B]	H317	g	m	m	h
	Allergene nach Anhang 3 und hautgefährdende Gefahrstoffe nach Abschnitt 3.2.2 Absatz 4 oder 5		g	m	m	h

g = geringe Gefährdung, m = mittlere Gefährdung, h = hohe Gefährdung
Der Wortlaut der genannten H-Sätze und EUH-Sätze ist in Anhang 9 wiedergegeben.
* Eine Gefährdung besteht nur für schwangere und stillende Frauen.



<u>Stoffgefahr, dermal</u>: HOCH

©Die Chromatexperten

Risikomatrix TRGS 402 (Inhalation):

1.
(1) Gemäß Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) hat der Arbeitgeber die Pflicht, Ausmaß, Art und Dauer der inhalativen Exposition zu ermitteln und zu beurteilen.
2.
(10) **Geeignete Nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden als Alternative zu Arbeitsplatzmessungen sind Berechnungen der Gefahrstoffkonzentration** (qualifizierte Expositionsabschätzung) oder Messungen, die einen indirekten Schluss auf die Gefahrstoffbelastung ermöglichen, z. B. mit Hilfe von Leitkomponenten, technische und organisatorische Prüfvorgaben, die sich auf die festgelegten Maßnahmen beziehen (siehe TRGS 500 „Schutzmaßnahmen"), oder Übertragung von Ergebnissen vergleichbarer Arbeitsplätze.

(12) In dieser TRGS bezeichnet **der ungünstige Fall** (**reasonable worst case**) eine Situation, in der ungünstige, aber nicht auszuschließende Randbedingungen in dem zu beurteilenden Arbeitsbereich eine Obergrenze für die Exposition ergeben. Randbedingungen, die in diesem Sinn Einfluss auf die Exposition haben, sind unter Abschnitt 4.2 genannt.

(15) Das Ermittlungsergebnis ist das Messergebnis einer messtechnischen Ermittlung oder das Ergebnis einer nichtmesstechnischen Ermittlung zur inhalativen Exposition. Es dient dem Vergleich mit Beurteilungsmaßstäben (BM) (zum Begriff Beurteilungsmaßstab siehe Abschnitt 5.1).

Der Beurteilungsmaßstab für Chrom (VI)-Verbindungen legt laut TRGS 910 folgende Werte für das inhalative Risiko fest:

Akzeptanzkonzentration: 0,0001 mg/m³ (0,1 Mikrogramm/m³)
Toleranzkonzentration: 0,001 mg/m³ (1,0 Mikrogramm/m³)

<u>Die Werte beziehen sich auf den Atembereich der Mitarbeiter (inhalativer Bereich)</u>, nicht auf den totalen Wert eines Gebäudes (Umgebungsluft).

Belastungswerte unterhalb der Akzeptanzkonzentration:
geringes Risiko, grüner Bereich

Belastungswerte zwischen Akzeptanz- und Toleranzkonzentration:
mittleres Risko, gelber Bereich

Belastungswerte oberhalb der Toleranzkonzentration:
hohes Risiko, roter Bereich

©Die Chromatexperten

Für KWK-Anlagen gelten folgende Verwirbelungsszenarien bei Wartungsarbeiten, Arbeiten mit gebrauchten Isolationsmaterialien:

Demontage defekter Elemente (Austausch), oder
Demontage gebrauchter Elemente zum Zweck der Komponentenwartung, oder
Teil- oder Komplettdemontage von Isolationssystemen; hieraus ergeben sich:

Hantieren, Zwischenlagern, Stapeln gebrauchter Isolationselemente

Weitere Verwirbelungsszenarien:

Betreten der Anlage (Verschleppung)
Belüftung
Öffnen/Schließen von Türen

Unkontrolliertes Wischen, unkontrolliertes Berühren von Bereichen, auf denen sich Chromate abgesetzt haben.

Thermik (Kamineffekt) bei nicht ganz dichten Isolationselementen:

Chromate entstehen in der Regel zwischen dem chromhaltigen Motorenheißteil und dem alkali- und/oder erdalkalimetallhaltigen Isolationselement.
Hierbei bilden die Chromate eine verwirbelungsfähige Konsistenz, die sich als Pulver bzw. Staub absetzt.

Wenn ein heißes Rohr von mehreren Isolationssegmenten ummantelt wird, bleibt zwischen den aneinanderstoßenden Teilen zwangsläufig ein feiner Spalt.

1. **Erwärmung → Auftrieb**
    - Im Spalt heizt sich die eingeschlossene Luft durch das Rohr auf, wird leichter als die kühlere Außenluft und steigt auf – **ähnlich wie in einem Kamin**.
2. **Kanalisierter Luftstrom**
    - Der schmale Spalt wirkt als senkrechter Schacht: Aufsteigende Warmluft erzeugt im unteren Bereich Unterdruck und saugt Umgebungsluft (inkl. Staub vom Motorraum-Boden oder von Dämmoberflächen) an.
3. **Transport des Staubs**
    - Die Luftströmung nimmt feine Chromat-Partikel mit, führt sie entlang des Spalts nach oben und bläst sie an der nächsten Undichtigkeit (Fuge, lose Schelle, Entlüftungsloch) in den Außenraum – sichtbar teilweise als gelblicher Staubbelag.
4. **Selbstverstärkung**
    - Je höher die Betriebstemperatur, desto größer der Dichteunterschied, desto stärker der Auftrieb und damit der Staubtransport.

So verteilt sich der im heißen Zwischenraum gebildete oder aufgewirbelte (chromathaltige) Staub großflächig im Motorraum bzw. in angrenzende Bereiche, obwohl die Isolierung äußerlich „geschlossen“ wirkt.

©Die Chromatexperten

Nicht messtechnische Ermittlungsmethode (Inhalation/Verwirbelung):

Chromatstaubmenge | Rauminhalt

KWK-Anlagen befinden sich oft in einem 40 Fuß-Container oder kleineren Motorenräumen.

Das „nutzbare Innenvolumen“ eines solchen Containers beträgt ca. 67 m^3 .

Würde man den Bemessungswert für Chrom (VI)-Verbindungen bei gleichmäßiger Verteilung voraussetzen, würden folgende Grundlagen gelten:

Akzeptanzwert:	< 6,7 µg Chrom (VI)-Verbindungen/Container (geringes Risiko)
Toleranzwert:	< 67 µg Chrom (VI)-Verbindungen/Container (mittleres Risiko)
	> 67 µg Chrom (VI)-Verbindungen/Container (hohes Risiko)

Hinweis zur Wahrnehmung der Gefährdung:

In vielen Fällen wird die sichtbare Staubmenge subjektiv als gering eingeschätzt. Eine exemplarische Veranschaulichung verdeutlicht jedoch das tatsächliche Gefährdungspotenzial:

Bereits eine Menge von **100 mg Chromatstaub** – vergleichbar mit einer „Messerspitze Currypulver“ – verteilt in einem typischen 67 m^3 großen Maschinenraum, überschreitet rechnerisch die Toleranzkonzentration der TRGS 910 um ein Vielfaches (Faktor >14.000).

Diese beispielhafte Annahme zeigt, wie bereits geringe Mengen potenziell zu einer **gesundheitlich hochkritischen Exposition** führen können – insbesondere bei Tätigkeiten mit Aufwirbelung, Thermik oder direktem Kontakt.

Es ergibt sich somit folgende rechnerische Belastung:

100 Milligramm = 100.000 µg
100.000 µg, verteilt auf 67 m^3, berechnet in µg /m^3:

ca. 1.492 µg /m^3 („reasonable worst case“)

Selbst bei einer gering angenommenen Verwirbelung von lediglich 10% der Stäube wäre die rechnerische, inhalative Gesamtluftbelastung mit ca. 149,2 µg /m^3 anzusetzen und wäre kalkulativ 14.800(!) Prozent über der Toleranzkonzentration! In der Praxis ist die Verteilung aber nicht gleichmäßig. Bei Wartungsarbeiten entstehen lokale Spitzenexpositionen im Atembereich, die die mit **1 µg /m^3 regeltechnische Toleranzkonzentration** deutlich übersteigen können. Die Worst-Case-Berechnung (TRGS 402, Abschnitt 4.2) würde das folgende Szenario konservativ mehr als abbilden:

Sehr gering angenommenen Verwirbelung (lediglich 0,5% der Stäube), beim lokalen Hantieren mit kontaminierten Isolationselementen:
rechnerische, inhalative Luftbelastung im Atembereich ca. 7,45 µg /m^3
kalkulativ 645 Prozent über der Toleranzkonzentration!

©Die Chromatexperten

Die Einordnung der einatembaren Stoffgefahr kann also, auch ohne vorherige Luftmessung, nur zu folgendem Ergebnis kommen:
Stoffgefahr, inhalativ: HOCH*



*Die Annahme einer lokalen Verwirbelung wird durch die Chromatexperten-Studie (2025) gestützt, die Chrom (VI)-Konzentrationen von 2,33–6,99 µg/m³ im Arbeitsbereich (deutliche Überschreitung der Toleranzkonzentration) und 0,526–0,556 µg/m³ als Hintergrundbelastung (deutliche Überschreitung der Akzeptanzkonzentration) dokumentiert.
Insbesondere das Überschreiten der Toleranzkonzentration (1 µg/m³) um ein Vielfaches bestätigt die Einstufung als „hohes Risiko" – Ampelmodell: rot.

Risikomatrix Umwelt (H410)

Auch die als gering angesehene Menge einer „Messerspitze Calciumchromat" **fällt unter die Pflicht zur Sonderabfallentsorgung; sie darf keinesfalls im normalen Hausmüll oder Ausguss landen.**

Sie muss – wie jede Chrom (VI)-Verbindung – im gekennzeichneten, verschlossenen Behälter als gefährlicher Abfall (06 03 13*) bei einer Problemstoffsammelstelle oder einem zertifizierten Entsorger abgegeben werden. – die Gesetzgebung kennt keine Bagatellgrenze für krebserzeugende Stoffe.

Vom Umweltbundesamt (UBA) liegt ein Gutachten zur "Potentiellen Schädlichkeit von Chrom im Trinkwasser" vor. Demnach wird für Trinkwasser eine maximale Chrom (VI)-Konzentration von 0,3 µg/l als noch akzeptabel angesehen.

Unsere Messerspitze Calciumchromat, also 100 Milligramm Chrom (VI), reicht also aus, um den Akzeptanzwert von 0,3 µg/l in 333.333 Litern Trinkwasser zu erreichen – das entspricht dem jährlichen Trinkwasserbedarf von etwa 417 Menschen, wenn man der vorsorglich niedrigen Empfehlung der Deutschen Umweltbehörde folgt.

Die Einordnung der umweltbezogenen Stoffgefahr sollte also, zum gleichen Ergebnis wie bei dermal und inhalativ kommen:

Stoffgefahr, umwelttechnisch: HOCH

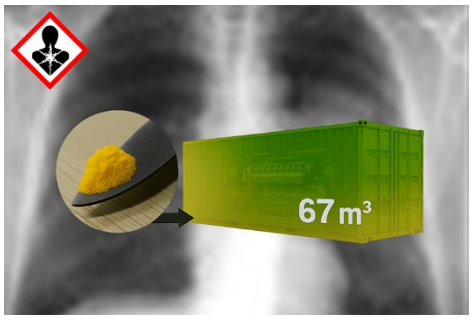
©Die Chromatexperten

Zusammenfassung der stofflichen Gefahren (H350, H317, H, H410)















In allen drei zu berücksichtigenden Expositionswegen ist der Gefährdungsbereich auf „rot – hohes Risiko“ einzustufen; die Einhaltung arbeitsschutzrechtlicher Anforderungen ist unter den derzeitigen Bedingungen ohne sofortige Maßnahmen nicht möglich; Ein Weiterbetrieb ohne Anpassung der Schutzmaßnahmen entspricht nicht den Anforderungen der TRGS 910 und GefStoffV.

©Die Chromatexperten

4. Schutzmaßnahmen festlegen

(*gemäß TRGS 400 Nr. 6, GefStoffV § 7 und § 8 sowie TRGS 500, 502, 401, 402, 910, 561*)

4.1 Allgemeines Vorgehen

Da es sich bei Calciumchromat um einen krebserzeugenden Stoff der Kategorie 1B (H350) handelt, gelten besondere Anforderungen gemäß:

- GefStoffV (Substitutionsprüfung - Besondere Schutzmaßnahmen für CMR-Stoffe)
- TRGS 910 (Expositions-Risiko-Konzept mit Akzeptanz-/Toleranzwerten)
- TRGS 561 (Krebserzeugende Stoffe: Minimierungsgebot, besondere Dokumentationspflichten)

Die Maßnahmen sind nach dem **STOP-Prinzip** zu priorisieren:

4.2 Substitution (S)

Ziel: Ersatz gefährlicher Stoffe oder Prozesse durch weniger gefährliche Alternativen

Maßnahme:
- Substitution calciumhaltiger Dämmstoffe durch verfügbare calciumfreie Alternativprodukte
- Verzicht auf sämtliche calciumhaltige Pasten, Dichtmittel oder Ummantelungen
- **Kein Calcium – Kein Calciumchromat**

4.3 Technische Maßnahmen (T)

- Einhausung des Arbeitsbereichs, ggf. Abtrennung der kontaminierten Zone (Zonenkonzept)
- Unterdruckhaltung mit HEPA-Filtern
- Punktabsaugung bei mechanischer Bearbeitung
- Deinstallation und Dekontamination kontaminierter Dämmelemente am Motor, Dekontamination Motorbereich
- Schutzverkleidung kontaminierter Dämmstoffe, falls Austausch (noch) nicht möglich

4.4 Organisatorische Maßnahmen (O)

- Zutrittsbeschränkung zum kontaminierten Bereich
- Kennzeichnung und Abgrenzung des Gefahrenbereichs
- Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisung nach GefStoffV/§14
- Gefahrstoffunterweisung nach § 14 GefStoffV und TRGS 555
- Schichtwechselreduktion und Minimierung der Verweildauer
- Dekontaminationsverfahren für Werkzeuge und Kleidung

4.4.1 wichtiger Hinweis zu sogenannten „Neutralisierungsmaßnahmen“:

In einzelnen Fällen wird von Herstellern empfohlen, sichtbare gelbliche Rückstände auf Motorenteilen mithilfe von Ascorbin- oder Zitronensäure zu „neutralisieren“. Diese Maßnahme kann unter bestimmten Bedingungen lokal zu einer Reduktion der Chrom(VI)-Konzentration führen.
Sie ersetzt jedoch keinesfalls eine Gefährdungsbeurteilung gemäß TRGS 400, 561 und 910 sowie § 6 und § 7 der GefStoffV, insbesondere wenn es sich um sichtbare Rückstände eines krebserzeugenden Stoffes der Kategorie 1B (H350) handelt.

Die isolierte Anwendung solcher Neutralisierer vermittelt häufig den Eindruck, es handele sich um eine beherrschbare Alltagssituation, vergleichbar mit einer routinemäßigen Reinigungsmaßnahme.

©Die Chromatexperten

Es wäre aber zu beachten, dass von Nebenprodukten, die bei der Neutralisation entstehen, gesundheitsschädliche und umweltschädliche Substanzen entstehen (z. B. Chrom (III)-Hydroxid – als H411/H412 eingestuft). Alle Chrom (III)-Verbindungen geltenlaut BAT-/MAK-Liste als „Sh" – hautsensibilisierend; auch hier besteht also ein dermales Risiko.

Eine punktuelle Neutralisation darf daher **nur im Rahmen eines fachlich begleiteten Dekontaminationsverfahrens erfolgen**, das die Verwendung persönlicher Schutzausrüstung (PSA), eine sachgerechte Entsorgung sowie eine Dokumentation gemäß Gefahrstoffverordnung einschließt.

Sie kann allenfalls **eine ergänzende Maßnahme** im Gesamtkonzept darstellen, ersetzt aber **nicht die Pflicht zur Substitution, technischen Schutzmaßnahmen oder Expositionsminderung nach dem STOP-Prinzip.**

Die Maßnahme stellt keine technische Schutzmaßnahme im Sinne der TRGS 500 dar, da sie nicht präventiv, sondern ausschließlich reaktiv wirkt und keine Exposition verhindernde Wirkung entfaltet.

Es ist zu beachten, dass jede Form der Neutralisierung **„Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen" (TRGS 561)** und **„Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen" (TRGS 910)** darstellt**; beide Richtlinien sind kombiniert umzusetzen.**

Da eine vollständige Neutralisierung der Chrom (VI)-haltigen Stäube aufgrund der technischen und räumlichen Gegebenheiten nicht zu erwarten ist und davon auszugehen ist, dass nicht reduzierte Chrom (VI)-Verbindungen freigesetzt werden können, ist ebenfalls das umwelttechnische Risiko (H410) zu berücksichtigen (abflussfreies Arbeiten).

Neutralisierungsarbeiten sind somit ausschließlich von geschultem Personal und nur im Rahmen angeordneter Dekontaminierungsarbeiten durchzuführen. Sämtliche Lappen und Tücher, sowie die Bodenabdeckung sind als kennzeichnungspflichtiger Sondermüll zu entsorgen.

Die Arbeiten dürfen nur in voller, dem dermalen Risiko angepasster Schutzkleidung vorgenommen werden.

4.4.2 Notfallmaßnahmen

Erarbeitung und Bereitstellung von Prozeduren für unvorhergesehene Ereignisse, z. B.:

- Sofortige Evakuierung bei Staubfreisetzung.
- Einsatz von Notfall-PSA (z. B. Vollmasken mit P3-Filter).
- Meldung an Sicherheitsbeauftragte und Behörden.
- Absperrung des kontaminierten Bereichs und Einleitung von Dekontaminationsmaßnahmen.

4.4.3 Betriebsanweisung: Umgang mit Chrom (VI)-kontaminierten Materialien

Vor Arbeitsbeginn: Schutzkleidung Typ 5/6 und Atemschutz FFP3 anziehen. Arbeitsbereich absperren und Kennzeichnung („Zutritt verboten") anbringen.

Während der Arbeit: Staubarme Demontage mit Punktabsaugung durchführen. Werkzeuge nach Gebrauch mit Feuchttüchern reinigen, Tücher als Sondermüll entsorgen.

Nach Arbeitsende: Schutzkleidung entsorgen, Hände und Gesicht gründlich reinigen. Arbeitsbereich durch Fachfirma dekontaminieren lassen.

Notfall: Bei Staubfreisetzung Bereich sofort verlassen, Vollmaske mit P3-Filter anlegen und Sicherheitsfachkraft informieren.

©Die Chromatexperten

4.5 Persönliche Schutzmaßnahmen (P)

- Atemschutz mindestens FFP3, bei erhöhter Belastung ggf. mit Gebläseunterstützung
- Chemikalienschutzhandschuhe mit geprüfter Durchbruchzeit
- Körperschutzanzug Typ 5/6 oder besser
- Wechselkleidung, getrennte Aufbewahrung von Arbeits- und Privatkleidung
- Hautschutz- und Reinigungspläne nach TRGS 401

Hinweis zur Verwendung persönlicher Schutzausrüstung:
Persönliche Schutzausrüstung (PSA) darf gemäß GefStoffV **nicht als Dauermaßnahme vorgesehen werden**, sondern ist nur zulässig, **wenn technische und organisatorische Schutzmaßnahmen (noch) nicht ausreichen**.

Eine permanente PSA-Verwendung ist daher nicht mit dem Minimierungsgebot und dem STOP-Prinzip vereinbar, sondern lediglich als letzter Schutzwall bei unvermeidbarer Restgefährdung zulässig.

4.6 Abfall- und Umweltschutzmaßnahmen

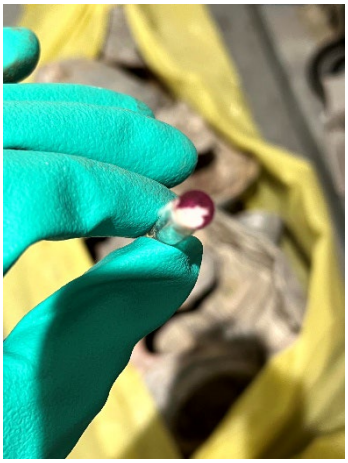
- Alle dekontaminierten Materialien als gefährlicher Abfall deklarieren (AVV 06 03 13*)
- Keine Ableitung chromathaltiger Flüssigkeiten in Kanalisation oder offene Böden
- Verpackung in zugelassenen Behältern, Kennzeichnung als "Chrom (VI)-haltig, H410"

©Die Chromatexperten

4.7 Chronologische visuelle Darstellung (Bildverlauf) am Beispiel unterschiedlicher Motorenmodelle







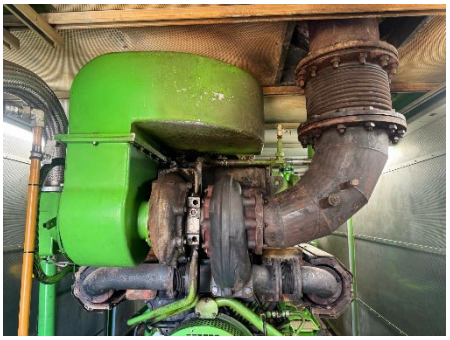






©Die Chromatexperten







4.8 Bewertung und Dokumentation

- Schutzmaßnahmen sind gemäß TRGS 400 i.V.m. TRGS 500 und 561 zu dokumentieren.

- Bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Stoffen ist ein Expositionsverzeichnis gemäß GefStoffV zu führen und bei KMR-Stoffen 40 Jahre aufzubewahren.

- Überprüfung der Wirksamkeit (z. B. Luftmessung nach TRGS 402) muss geplant und dokumentiert werden.

- Maßnahmenplan ist jährlich zu überprüfen und bei jeder relevanten Änderung zu aktualisieren.

©Die Chromatexperten

5) Maßnahmen durchführen

Die festgelegten Maßnahmen sind gemäß GefStoffV verbindlich umzusetzen.

Hierzu gehören:

- Zuweisung konkreter Verantwortlichkeiten (z. B. Sicherheitsfachkraft, Technische Leitung)
- Erstellung eines konkreten Umsetzungsplans mit Fristen und Priorisierung (Sofortige Schutzmaßnahmen, Dekontamination Substitution)
- Einweisung und Unterweisung der Beschäftigten vor Beginn der Arbeiten; PSA, Dekontaminationsverfahren (Fachfirma), Entsorgung (Fachfirma)
- Dokumentierte Umsetzungskontrolle (z. B. Checklisten, Abnahmeprotokolle, Sichtkontrollen)

Empfehlung gemäß BG ETEM:

„Die frühzeitige Einbindung von Beschäftigten und Führungskräften verbessert die Akzeptanz und Wirksamkeit der Maßnahmen erheblich."
Hieraus ergeben sich folgende Maßnahmen, Zuständigkeiten und Fristen:

Maßnahme	Verantwortlicher	Frist
Substitutionsprüfung	Sicherheitsfachkraft	lfd./spätestens folgendes Quartal
Dekontamination, Substitution	Externe Fachfirma	spätestens folgendes Quartal
Unterweisung Beschäftigte	Betriebsleitung	Sofort
Wirksamkeitskontrolle	Sicherheitsfachkraft	Nächstes/übernächste Quartal

©Die Chromatexperten

6) Wirksamkeit überprüfen

Nach der Durchführung der Schutzmaßnahmen ist deren **Wirksamkeit gemäß GefStoffV sowie TRGS 400 und 402 zu überprüfen**.

Geeignete Methoden zur Wirksamkeitskontrolle sind u. a.:

- **Luftmessungen (inhalativ)*:** Vergleich mit Akzeptanz- und Toleranzkonzentration der TRGS 910 (Fachfirma)
- **Wischtests / Oberflächenanalysen (dermal)**:** zur Feststellung von Rückständen nach Dekontamination (Fachfirma)
- **Sichtkontrolle / Abklatschtests (organisatorisch)***:** zur Beurteilung von Reinigungs- und Zonenkonzepten (Fachlabor)
- **Mitarbeiterfeedback / PSA-Nutzung / Unterweisungsstand**

Wird die Zielwirkung (z. B. Unterschreitung der Toleranzkonzentration) **nicht erreicht**, sind **weitere oder andere Schutzmaßnahmen** zu treffen.
Alle Überprüfungen sind zu dokumentieren (z. B. Prüfbericht, Messprotokoll, Fotodokumentation).

***Luftmessungen (inhalativ):**

Fachlicher Hinweis: Beurteilung ohne vorhergehende Luftmessung – rechtlich zulässig und arbeitsrechtlich erforderlich

*Die Einstufung der Gefährdungslage als „**hoch (rot)**“ **in allen drei Expositionspfaden** (inhalativ, dermal, umweltbezogen) basiert auf **sichtbaren und eindeutig identifizierten Chrom (VI)-Ablagerungen, fundierten Reaktionsmechanismen, dokumentierten Herstellerwarnungen, toxikologischen Einstufungen (H350, H317, H410) sowie Worst-Case-Modellrechnungen**.*

Diese Vorgehensweise entspricht der Vorgabe der TRGS 910, Abschnitt 4.2: „Die Exposition ist messtechnisch oder nichtmesstechnisch zu ermitteln. Eine nichtmesstechnische Ermittlung ist zulässig, wenn aufgrund der bekannten Randbedingungen (z. B. sichtbare Ablagerungen, Stoffeigenschaften, Tätigkeiten) eine eindeutige Risikoeinstufung möglich ist.“ Auch die TRGS 402 erkennt nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden ausdrücklich an – insbesondere dann, wenn:

- **sichtbare Gefahrstoffablagerungen vorliegen,**
- **der Stoff krebserzeugend ist,**
- **und Messwerte ohnehin im Bereich des Toleranz- oder Überschreitungsbereichs zu erwarten sind.**

In solchen Fällen ist eine Maßnahmeneinleitung ohne Messung nicht nur zulässig, sondern arbeitsschutzrechtlich geboten (§ 6 und § 7 GefStoffV).
Eine spätere Luftmessung dient nicht der Legitimierung, sondern der Wirksamkeitsprüfung bereits getroffener Maßnahmen.

Siehe hierzu auch Punkt 9) analytische Messverfahren und -methoden

©Die Chromatexperten

Abklatschtest:

In einem dekontaminierten Motorraum könnten **Abklatschtests auf Flächen (z. B. Motorhaube, Kabelkanäle, Werkzeuge, Kleidung)** eingesetzt werden, um zu überprüfen, ob noch **rückstandsfreie** Bedingungen herrschen – z. B. auf Chrom (VI)-Verbindungen.

Was passiert beim Abklatschtest?

1. **Ein Trägermaterial** (meist ein mit Gel beschichteter Nährboden oder eine absorbierende Folie) wird **mit definierter Fläche und Kraft auf die zu untersuchende Oberfläche gedrückt.**
2. Dadurch haften Partikel (z. B. Bakterien, Pilze oder auch **Stäube, Fasern, Chromatrückstände**) auf dem Medium.
3. Anschließend wird das Medium **ausgewertet**:
    - **Mikrobiologisch:** Inkubation und Auszählung von Kolonien.
    - **Chemisch/physikalisch:** Analyse per Labor (z. B. Rasterelektronenmikroskopie, Chromatografie, spektroskopische Verfahren).

Für Chrom (VI)-Verbindungen werden Abklatschtests chemisch analysiert (z. B. durch Spektroskopie), um Rückstände auf Oberflächen nach Dekontamination nachzuweisen.

©Die Chromatexperten

7) Dokumentieren und fortschreiben

Die Dokumentation erfordert keine bestimmte Art von Unterlagen. Sie kann in Papierform oder elektronisch gespeichert werden. Es muss jedoch erkennbar sein, dass die Gefährdungsbeurteilung effektiv durchgeführt wurde. In der Praxis werden meistens alle Schritte der Gefährdungsbeurteilung dokumentiert.

Die Unterlagen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Beurteilung der Gefährdungen
- Festlegung konkreter Arbeitsschutzmaßnahmen einschl. Terminen und Verantwortlichen
- Durchführung der Maßnahmen und Überprüfung der Wirksamkeit
- Datum der Erstellung/Aktualisierung

Zur Dokumentation gehören z.B. auch:

- Messprotokolle (Gefahrstoffe, Lärm), die bei der Ermittlung und Beurteilung herangezogen wurden bzw. die Wirksamkeit dokumentieren
- Betriebsanweisungen für Gefahrstoffe und Maschinen, die als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung verhaltensbezogene Maßnahmen für die Beschäftigten festgelegen.
- Prüfprotokolle, die den Nachweis des arbeitssicheren Zustands von Arbeitsmitteln, Einrichtungen und Anlagen beschreiben

Fortschreiben:

Die Gefährdungsbeurteilung ist regelmäßig zu überprüfen. Dabei ist der Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zu berücksichtigen. Soweit erforderlich, sind die Schutzmaßnahmen anzupassen.
Die Überprüfung der Gefährdungsbeurteilung obliegt der Sicherheitsfachkraft und ist jährlich oder bei maßgeblichen Änderungen durchzuführen.

Anlässe sind z.B.:

- Änderung in der Betriebsorganisation
- Beschaffung neuer technischer Arbeitsmittel oder –stoffe
- Umstrukturierung von Arbeits- oder Verkehrsbereichen
- Änderung von Arbeitsverfahren oder Tätigkeitsabläufen
- Änderung von Vorschriften und Gesetzen
- Verbesserung des Standes der Technik
- Auftreten von Unfällen, Beinahe- Unfällen, Berufskrankheiten oder Erhöhungen des Krankenstandes

Ergibt die Überprüfung der Gefährdungsbeurteilung, dass keine neuen Maßnahmen erforderlich sind, so reicht es, das Datum der Überprüfung in der Dokumentation zu aktualisieren.

©Die Chromatexperten

A) Substitutionsprüfung

Alkali- und/oder Erdalkalimetalloxidhaltige Isolationsprodukte begünstigen die Bildung sechswertiger Chromverbindungen, insbesondere Calciumchromat (CaCrO4).

Dem chemischen Grundprinzip „Kein Calcium – Kein Calciumchromat“ folgend, gibt es in Europa einige Unternehmen, die bereits alkali- und erdalkalimetalloxidfreie Isolationsmaterialien anbieten, sowohl als Gewebe, Bahnenware, aber auch als konfektionierte Isolationselemente.

Hierbei handelt es sich u.a. um die Firmen

- New Componit aus Italien und die Firma (Isolationselemente)
- Kavarmat aus Polen (Isolationselemente und Bahnenwaren; „Chromatblocker“)
- TTSC aus Deutschland (Isolationsgewebe und Bahnenwaren)

Laut eigenen Angaben (Technische Informationen und Firmenbroschüren separat beigefügt) sind die Materialien markterprobt und weisen zusätzlich zur Alkali- und Erdalkalimetallfreiheit noch den Vorteil einer höheren Temperaturbeständigkeit.

Die Materialien von New Componit und Kavarmat sind nach Herstellerangaben zertifiziert und für gängige Motorentypen verfügbar, was die technische Umsetzbarkeit gewährleistet. Die Verwendung im maritimen Bereich ist ebenfalls möglich.
TTSC hat alkali- und erdalkalimetallfreie Gewebe und Nadelmatten im Portfolio.

Als weitere positive Eigenschaft wird angegeben, dass die neuen Dämmsysteme nicht hautreizend sind, also keinen Juckreiz auslösen.

Preislich liegen die „calciumfreien“ Lösungen im Preisbereich leicht oberhalb der heutigen Wiederbeschaffungspreise der calciumhaltigen Ausführungen.

Berücksichtigt man aber den Aufwand der Expositionsbeseitigung und die finanzielle Belastung durch die angegebenen Schutzmaßnahmen, ist eine Substitution sowohl technisch, als auch wirtschaftlich ohne aufwändige Berechnungen darstellbar und erfüllt das EU-Minimierungsgebot in vollem Umfang.

Die Substitution (S) ist also durchzuführen und stellt glaubhaft in Aussicht, dass nach ihrem Abschluss alle Gefährdungen kurzfristig beseitigt werden können, so dass die kontaminierten Arbeitsbereiche nach erfolgter Deinstallation und Dekontamination in Verbindung mit überwachungsunterstützten Kontrollmessungen wieder bedenkenlos freigegeben werden können.

Das Prädikat „grüne Energie“ und Nachhaltigkeit kann wieder zu Recht betont werden!

©Die Chromatexperten

B) analytische Messverfahren und -methoden

Chrom (VI)-Tests, manuell lokal, mobil lokal, labortechnisch

Für Schnelltests und mobile Labortests empfiehlt sich das patentierte Analyseverfahren der niederländischen Firma SEEF B.V. Dieses Verfahren trennt Chrom (VI)-Verbindungen zuverlässig von anderen Verschmutzungen in Faserresten, um eine präzise Präsenzanalyse krebserzeugender Stoffe zu ermöglichen.

Schnelltest ST01

- Der **Schnelltest (ST01)** ermöglicht eine schnelle Vor-Ort-Analyse von Chrom (VI)-Rückständen.
- Um falsch negative Ergebnisse auszuschließen oder positive Tests zu bestätigen, validiert SEEF B.V. die Ergebnisse innerhalb einer Stunde mittels **Wischproben (WS01)** oder Materialproben mit dem **Chrom(VI)-Testkit**



TK01.

- Zitat des Herstellers:
„Das kompakte, tragbare Chrom-6-Testkit ist ideal für Fachleute in Arbeitssicherheit, Sanierung und Umweltkontrolle. Es ermöglicht Analysen ohne Labor, um Risiken zu minimieren und sofort Maßnahmen zu ergreifen.“

- **Für behördliche Dokumentation können Wisch- oder Materialproben vor Ort entnommen und im niederländischen Labor von SEEF B.V. analysiert werden, um detaillierte Analyseberichte zu erhalten**.

©Die Chromatexperten

C) analytische Messverfahren und -methoden

personengetragene Gefahrstoffmessung

Das **Probenahmegerät SG10-2** der deutschen Firma **GSA Messgerätebau GmbH** ist für hohe Volumenströme (1–12 l/min) ausgelegt und ermöglicht kurze Messzeiten. Es ist **IFA-lizenziert** für die Messung von einatembarem Staub (E-Staub, Gesamtstaub) und alveolengängigem Staub (A-Staub, Feinstaub). **Die Probenahme ist im Temperaturbereich von -5 °C bis 50 °C für maximal zwei Stunden möglich**. **Es ist anzumerken, dass durch diese Temperatureingrenzung keine verlässlichen Messungen in der Nähe der Kontaminationsquellen im Regelbetrieb gemacht werden können**!

Alternativ bietet **SEEF B.V.** vergleichbare Probenahmegeräte an, sodass Leistungen wettbewerblich geprüft werden können.

Anwendung:

- Während Deinstallations- und Dekontaminationsarbeiten dokumentieren die Geräte die Gefahrstoffbelastung im Atembereich der Fachkräfte, um die Arbeitsbedingungen zu kontrollieren.

- Nach Abschluss der Dekontamination wird das SG10-2 mit ausgetauschten Probenahmeköpfen als stationäres Messgerät eingesetzt, um den Erfolg der Maßnahmen zu dokumentieren.

- Liegen die Messwerte unterhalb der Akzeptanzkonzentration (0,1 µg/m³, TRGS 910) und bestätigen Wischtests keine dermalen Risiken, gilt das Maßnahmenpaket als erfolgreich. Der Arbeitsbereich kann dann für den Regelbetrieb freigegeben werden, da die Minimierungspflicht gemäß GefStoffV § 7 Abs. 8 erfüllt ist.









Hinweis:

-Die eingesetzten Geräte sind gemäß Herstellerangaben kalibriert und entsprechen den Anforderungen der TRGS 402 für Gefahrstoffmessungen.





©Die Chromatexperten

D) Arbeitsmedizinische Vorsorge- und Mitwirkungspflicht

Beurteilung der Expositionswege und Gesundheitsrisiken

- **Medizinischer Fokus**:

  Die Gefährdungsbeurteilung muss die potenziellen Gesundheitsschäden durch krebserregende Substanzen analysieren, da diese oft langfristige (chronische) und irreversible Schäden verursachen (z. B. Karzinogenese, genetische Schäden).

- Zu beachten:

  - **Inhalative Exposition**:
    Alveolengängige Partikel (z. B. Chrom (VI)-Stäube) können Lungenkrebs verursachen. Die Expositionshöhe im Atembereich (z. B. µg/m³) muss mit Akzeptanz- (0,1 µg/m³) und Toleranzkonzentrationen (1,0 µg/m³) gemäß TRGS 910 verglichen werden.

  - **Dermale Exposition**:
    Hautresorptive Stoffe (z. B. Chrom (VI), BAT-Kennzeichnung) **können Hautkrebs oder Sensibilisierungen auslösen**. **Flächige Kontamination** (z. B. Staubablagerungen) **erhöht das Risiko**.

  - **Orale Exposition**:
    Obwohl weniger häufig, **ist Hand-Mund-Kontakt oder kontaminierte Pausenverpflegung relevant und kann zu systemischen Effekten führen**.

  - **Langfristige Risiken**:
    Krebserregende Stoffe wirken oft verzögert (Latenzzeiten von Jahren/Dekaden). Daher ist eine konservative Abschätzung (Worst-Case-Szenario) erforderlich, auch ohne messtechnische Daten (TRGS 402, Abschnitt 4.2).

  - **Individuelle Risikofaktoren**:
    Vorerkrankungen (z. B. Hauterkrankungen, Atemwegserkrankungen) oder genetische Prädispositionen können die Anfälligkeit erhöhen und müssen berücksichtigt werden.

©Die Chromatexperten

Für krebserregende Stoffe der Kategorie 1A/1B ist die **arbeitsmedizinische Vorsorge** gemäß **GefStoffV § 10** und **ArbMedVV (Anhang Teil 3)** verpflichtend, um Gesundheitsschäden frühzeitig zu erkennen und die Exposition zu dokumentieren.

Zu beachten:

- **Pflichtvorsorge**: Vor Aufnahme der Tätigkeit und in regelmäßigen Abständen (z. B. jährlich) sind arbeitsmedizinische Untersuchungen durchzuführen. Diese umfassen:
    - **Anamnese**: Abfrage von Vorerkrankungen, Expositionen und Symptomen (z. B. Hautveränderungen, Atemwegsbeschwerden).
    - **Klinische Untersuchung**: Hautinspektion (z. B. auf Sensibilisierungen, präkanzeröse Läsionen) und Lungenfunktionstests (z. B. Spirometrie bei inhalativer Exposition).
    - **Biomonitoring**: Bestimmung von Chrom im Urin gemäß Expositionsäquivalenten für krebserregende Arbeitsstoffe (EKA, TRGS 903), um die systemische Aufnahme zu überprüfen. Falls keine spezifischen Werte verfügbar sind, können Gesamtchrom-Werte im Urin als Indikator dienen.
- **Angebotsvorsorge**: Für Beschäftigte mit geringerer Exposition (z. B. mittleres Risiko gemäß TRGS 910) muss Vorsorge angeboten werden.
- **Expositionsverzeichnis**: Gemäß GefStoffV § 10 Abs. 2 ist ein Verzeichnis über exponierte Beschäftigte (Tätigkeit, Expositionsdauer/-höhe) zu führen, das 40 Jahre aufzubewahren ist. Dies ist medizinisch relevant für die Nachverfolgung potenzieller Krebserkrankungen.
- **Berufskrankheiten**: Krebserkrankungen durch Chrom(VI) (z. B. Lungenkrebs, BK-Nr. 4103) müssen der Berufsgenossenschaft gemeldet werden. **Die Vorsorge unterstützt die frühzeitige Erkennung solcher Erkrankungen**.

©Die Chromatexperten

E) Organigramm – Substitution chromaterzeugender Isolationssysteme

- **Sicherheitsfachkraft**: Verantwortlich für die Prüfung und Auswahl calciumfreier Materialien (z. B. New Componit, Kavarmat). Die Sicherheitsfachkraft unterstützt die technische Leitung bei der Durchführung der festgelegten Maßnahmenpakete.

- **Technische Leitung**:
  Koordiniert die Beschaffung und Installation der Substitute. Verantwortlich für die fachgerechte Entsorgung der kennzeichnungspflichtigen Abfälle.
  Ebenfalls zuständig für den unternehmensinterne Informationsfluß.
  Erstellt und überwacht das Expositionsverzeichnis für betroffene Mitarbeiter.
  Informiert ggf. Sicherheitsbehörden bei Überschreitung der lufttechnischen Toleranzkonzentration (hohes Risiko, inhalativ)

- **Externe Fachfirma**: Führt Deinstallation, Dekontamination und Installation der calciumfreien Isolationssysteme durch. Es werden unter hohen Sicherheitsmaßnahmen (räumliche Trennung, Bodenabdeckung (zur Verhinderung der Verschleppung kontaminierter Stäube u.a.), Betretungszonen nur für Fachpersonal etc.) die kontaminierten Isolationselemente deinstalliert und vorsichtig in dafür vorhergesehene und gekennzeichnete Sondermüllbehälter verbracht, anschließend erfolgt gezielte Absaugung der verbliebenen Faserreste mit Spezialstaubsaugern und dann die tiefe Feucht-Dekontamination der Anlagenteile inklusive aller lokalisierten chromatstaubbelasteten Bereiche des Motorenraums.
  Anschließend werden die gereinigten Bereiche durch Schnelltests und Wischprobenentnahme (mit anschließender mobiler Laboranalyse) auf Gefahrstofffreiheit analysiert.
  Sofern die Dekontamination erfolgreich durchgeführt wurde, beginnt die Fachfirma mit der Montage der Substitutionslösung.

- **Betriebsleitung**: Genehmigt Budget und überwacht Umsetzung. Unterstützt die Durchführung der festgelegten Maßnahmen. Überwacht und koordiniert die Arbeitsmedizinische Vorsorge (ggf. Betriebsarzt)

Häufige Stolpersteine bei Substitution und Lösungen hierzu

- **Lieferantenwiderstand**: Manche Anbieter leugnen Alternativen. Die Chromatexperten unterstützen den SiFa bei der Auswahl zertifizierter calciumfreier Dämmstoffe.

- **Übergangszeit**: Dekontamination erfordert Planung. Sofortige PSA und Schulungen überbrücken die Zeit bis zur Substitution.

- **Kostenängste**: Initialkosten sind geringer als langfristige PSA/Dekontaminationskosten (50–70 % Ersparnis).

©Die Chromatexperten

F) Wichtige Ergänzung:

Dieser beispielhafte Leitfaden zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung behandelt insbesondere die Entstehung von Chromaten durch textile und demontierbare Isolationselemente, welche motorenherstellerseitig bereits zur Erstausrüstung von KWK-Anlagen gehören.

Eine KWK-Anlage besteht aber auch aus Zu- und Ableitungen, die entweder von Herstellern „schlüsselfertiger KWK-Anlagen" bereitgestellt werden, oder von den KWK-Betreibern in Eigenregie konstruiert werden.

Diese Anlagenteile werden unterschiedlich gedämmt; entweder ebenfalls mit flexiblen „Matratzen" (Isolationskissen), oder aber mit Mineralwolle-Matten und anschließender Blechummantelung. In einigen Heißbereichen wird auch eine besonders hochtemperaturbeständige „Calcium-Silikatmatte" oder eine so genannte „Microtherm-Matte" verwendet.





Insbesondere im Schnittstellenbereich, oder aber in Bereichen mit sichtbaren Austrittsfugen und vor allem dort, wo **die klassischen Isolationsmaterialien mit Edelstahlheißteilen in Berührung kommen, ist eine Chromatentstehung zu erwarten und somit eine Exposition krebserregender und umweltschädlicher Chrom (VI)-Verbindungen ebenfalls nicht auszuschließen!**

Chromate können auch dort entstehen, wo chromhaltige Befestigungselemente wie Klammern oder Halterungen, oder Haken und Schnallen mit alkali- und/oder erdalkalimetallhaltigen Dämmstoffen unter Hitzeeinfluss in Berührung kommen; auch im Außenbereich der Wärmedämmung (durch ausreichend hohe Wärmeabstrahlung benachbarter Heißteile)!



©Die Chromatexperten

positive Chrom (VI)-Nachweise an unterschiedlichen Dämmstoffen


Calcium-Silikat-Faser


Biowool/Superwool



“Microtherm”-Produkte

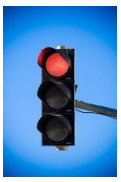

Mineralwolle


Mineralwolle


mobiles Labor

Nach Begehung vieler KWK-Anlagen und intensiver Untersuchung unzähliger, mit alkali- und/oder erdalkalimetallhaltigen Isolationsmaterialien und -systemen, bestätigt sich die bereits gestellte Gefährdungsbeurteilung auch für andere KWK-Bereiche, Motorenräume und andere Kraftwerksanlagen (inkl. Gas- und Dampfturbinen):

- Risiko, dermal: **HOCH** (Ampelmodell: **rot**)
- Risiko, inhalativ: **HOCH** (Ampelmodell: **rot**)
- Risiko, Umwelt: **HOCH** (Ampelmodell: **rot**)



©Die Chromatexperten

Chrom(VI)-Belastungen im technischen Umfeld – Sachliche Richtigstellungen gängiger Missverständnisse

Chrom (VI)-Verbindungen (insbesondere Chromate) gelten als krebserzeugend (H350) beim Menschen und sind als chronisch umweltschädlich mit langfrisitgen Folgen eingestuft (H410).

Besonders in Arbeitsbereichen wie Motoreninstandhaltung, Kraftwerksbetrieb, Sanierung und Isolierarbeiten können Beschäftigte potenziell gefährdet sein.

In der Praxis existieren jedoch zahlreiche Narrative und Fehleinschätzungen, die den Arbeitsschutz untergraben und die Gefahr verharmlosen. Im Folgenden werden diese Narrative sachlich und faktenbasiert richtiggestellt.

1. "Nur Luftmessungen können Aufschluss darüber geben, ob eine Belastung mit Chrom (VI) am Arbeitsplatz als hohes Risiko einzuschätzen ist"

Diese Aussage ist unvollständig.

Während Luftmessungen wichtige Informationen über die inhalative Exposition liefern, sind sie **nicht die einzige Grundlage** zur Beurteilung der Gefährdung.

Gemäß dem sogenannten *Mehrsäulenprinzip* (z. B. in der TRGS 910 und TRGS 400 berücksichtigt) kann die Gefährdung auch auf andere Weise nachgewiesen werden:

- Sichtbare Rückstände (z. B. gelbliche bis grünliche Pulverablagerungen) auf Oberflächen,
- Schnelltests und mobile Analytik,
- Laboranalysen fester oder abgelöster Stoffe,
- Herstellerinformationen und Gefährdungskennzeichnungen,
- Dokumentierte Erfahrungen oder Warnhinweise aus ähnlichen Anwendungsfällen.

Luftmessungen sind ein wichtiges, aber **nicht ausschließliches** Kriterium.

Insbesondere bei Tätigkeiten mit direktem Kontakt zu Chrom (VI)-haltigem Staub kann eine hohe dermale Gefährdung bestehen, selbst wenn die Luftkonzentration niedrig ist.

©Die Chromatexperten

2. "Durch Neutralisierungsarbeiten wird krebserregendes Chrom (VI) in wenig gefährliches Chrom (III) verwandelt, welches auch in unserer Nahrung vorkommt"

Die Aussage eines Motorenherstellers ist wissenschaftlich verkürzt und irreführend.

Zwar ist es korrekt, dass Reduktionsmittel (z. B. Ascorbinsäure oder Zitronensäure) Chrom (VI)-Verbindungen chemisch zu Chrom (III)-Verbindungen reduzieren können.

Jedoch:

- Der Reduktionsprozess verläuft **nicht automatisch vollständig**.
- Eine Rückoxidation von Chrom (III) zu Chrom (VI) ist unter bestimmten Bedingungen möglich.
- Die freigesetzten Chrom (III)-Verbindungen bleiben chemisch aktiv und können andere Risiken bergen (z. B. Hautsensibilisierung).
- Die Gefahr einer unkontrollierten Staubfreisetzung während der Neutralisation besteht weiterhin.
- Nebenprodukte, welche im Verlauf der Reduktion entstehen, sind zum Teil hautsensibilisierend (Sh) und/oder umweltschädlich (H411)

Zudem wird durch Neutralisation **keine langfristige Reinigung des Arbeitsplatzes** erreicht, sondern lediglich eine chemische Umwandlung, deren Wirksamkeit regelmäßig überprüft werden müsste.
Eine vollständige Beseitigung gefährlicher Stoffe kann nur durch fachgerechte Dekontamination erfolgen.

Die Firma Innio Jenbacher verwendet suggestiv folgenden Satz:

„Chrom (III) ist zum Beispiel in vielen Lebensmitteln zu finden. Die tägliche Aufnahme in Europa liegt normalerweise in einem Bereich, in dem kein Gesundheitsrisiko erwartet wird."

Hierzu sei angemerkt:

Wissenschaftliche Studien (Xu et al., 2004; Saha et al., 2011) **zeigen, dass bei der Neutralisierung von Chromaten mit Ascorbinsäure und Zitronensäure neben anderen umweltschädlichen Verbindungen wie Chrom (VI)-Rückständen (H410)** auch **Chrom (III)-Verbindungen, die als Schwermetalle eingestuft sind (z. B. $Cr(OH)_3$, Chelatkomplexe; H411/H412)**, die toxikologisch nichts mit den oft genannten Chrom (III)-Spurenelementen zu tun haben, **entstehen** können.

Deshalb darf die Neutralisierung nur von geschultem Fachpersonal durchgeführt werden und es müssen geeignete Maßnahmen (z. B. Auffangsysteme) getroffen werden, damit die bei der Befeuchtung entstehenden komplexen und umweltschädlichen Rückstände nicht ins Grundwasser gelangen.

Nach TRGS 561 ist die Neutralisation als „Tätigkeit mit krebserzeugenden Stoffen" einzustufen und darf aufgrund der Toxizität von Chrom (III)-Verbindungen (H411/H412), der krebserzeugenden Risiken von Chrom(VI)-Rückständen (H350, H410) und der Möglichkeit einer unvollständigen Reduktion nur unter höchsten Sicherheitsvorkehrungen (z. B. PSA, Absaugung, ordnungsgemäße Entsorgung) durchgeführt werden.

©Die Chromatexperten

3. "Nur Isolierer kommen mit Isoliermaterial in Kontakt und die haben sowieso einen Schutzanzug an"

Diese behördenseitige Verallgemeinerung ist sachlich falsch und nicht korrekt.

In der Praxis:

- Kommen auch Monteure, Elektriker, Wartungspersonal, Schlosser, Reinigungskräfte, Prüfer und viele weitere Beschäftigte in Kontakt mit kontaminiertem Material.
- Sind Arbeiten an Isolierungen, Maschinen und Motoren oft unzureichend abgesichert oder der Gefährdung wird nicht bewusst begegnet.
- Wird Persönliche Schutzausrüstung (PSA) oft nicht vollständig oder korrekt getragen – sei es aus Unwissenheit, Zeitdruck oder praktischen Gründen.

Die Schutzpflichten nach Gefährdungsbeurteilung und STOP-Prinzip gelten **für alle Personen, die der Gefahr ausgesetzt sind**, nicht nur für spezialisierte Handwerker.

Die persönliche Schutzausrüstung (PSA) stellt im Arbeitsschutz immer nur die letzte Barriere dar und ist kein Ersatz für grundlegende Schutzmaßnahmen.

Sie entspricht dem "P" im STOP-Prinzip und kommt erst dann zum Einsatz, wenn Substitution, technische und organisatorische Maßnahmen nicht ausreichen oder noch nicht umsetzbar sind.

PSA ist arbeitserschwerend, fehleranfällig und stellt keinen nachhaltigen Zustand dar –

sie belastet Beschäftigte zusätzlich und bietet keinen vollständigen Schutz bei Dauereinflüssen.

Langfristig sichere Arbeitsbedingungen können daher nur durch eine systematische Vermeidung oder Minimierung der Gefährdung an der Quelle erreicht werden, nicht durch das permanente Tragen von Schutzkleidung.

©Die Chromatexperten

4. "Das bisschen Pulver"

Die Mengen an Chrom (VI)-haltigem Staub, die für eine Gefährdung ausreichen, sind **extrem gering**.

Laut TRGS 910 liegt die **Akzeptanzkonzentration für Chrom (VI)** bei lediglich **0,0001 mg/m³** für den Atembreich der betroffenen Arbeitnehmer (Arbeitsbereich) und nicht für die Gesamtbelastung des Arbeitsraums.

Bereits kleinste, oft unsichtbare Staubpartikel können zu einer Überschreitung dieser Konzentration führen, insbesondere bei Arbeiten in engen oder schlecht belüfteten Bereichen.

Chrom (VI)-Verbindungen wirken nicht nur bei hoher Belastung krebserzeugend, sondern **bereits bei niedrigsten Expositionsdosen** über lange Zeiträume.

Deshalb ist die Reduktion jeder unnötigen Exposition verpflichtend, unabhängig von der augenscheinlichen Staubmenge (Minimierungsprinzip gemäß 2004/37/EU, umgesetzt durch die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV).

Eine Arbeitsplatzmessung in einem größeren Raum kann zu einer Verharmlosung der Gefährdung führen, wenn sie nicht den Atembereich der gefährdeten Mitarbeiter kontrolliert.

Daher sollten Arbeitsplatzmessungen nur von Unternehmen durchgeführt werden, die mit der Chrom (VI)-Problematik vertraut sind.

©Die Chromatexperten

5. "Chrom (VI)-Verbindungen entstehen isolationsmaterialunabhängig"

Diese Behauptung, wie sie z. B. von der EiiF verwendet wird, ist wissenschaftlich falsch.

Die Bildung von Chrom (VI)-Verbindungen auf Edelstahloberflächen setzt in vielen Fällen voraus:

- Erhöhte Temperaturen (>300 °C),
- Vorhandensein von Sauerstoff,
- Anwesenheit von Alkalimetallen oder Erdalkalimetallen (z. B. Calcium, Natrium) aus Umgebungsstoffen.

Insbesondere calciumhaltige Isoliermaterialien liefern diese Katalysatoren.

Mineralwolle-Produkte enthalten sowohl Calcium- als auch Natriumoxid, so dass auch die Bildung von Natriumchromat nicht ausgeschlossen ist.

Natriumchromat (Na_2CrO_4) gilt als „besonders besorgniserregende Substanz“ (SVHC) und ist nicht nur als krebserregend und chronisch umweltschädlich, sondern ebenfalls als mutagen und reprotoxisch eingestuft.

In zahlreichen Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass calciumhaltige Dämmstoffe bei Hitzeeinwirkung zur Bildung von Calciumchromat auf Edelstahloberflächen führen können.

Isoliermaterialfreie Heißanlagen im Kraftwerksbereich aus austenitischen Edelstählen können nur in Extremsituationen und unter ungewöhnlichen Feuchtbedingungen volatile Chrom (VI)-Verbindungen in sehr geringen Mengen, meist unter der Nachweisgrenze bilden.

Die Studie „*Tatar, G. & Gannon, Paul & Swain, N. & Mason, R. & Remington, E. & Dansereau, Spencer. (2018). XPS Characterization of Aluminosilicate Fibers Post Interaction with Chromium Oxyhydroxide at 100–230°C. Journal of The Electrochemical Society. 165. C624-C632. 10.1149/2.0801810jes.*“, welche vom EiiF-Papier als Grundlage einiger Kernaussagen zur Chrom (VI)-Entstehung dient, ignoriert die chemischen und physikalischen Unterschiede zwischen Erkenntnissen zu Festoxid-Brennstoffzellen und tatsächlichen Voraussetzungen bei KWK-Anlagen.
Die wissenschaftliche Untersuchung zeigt zwar, dass die Bildung von Chrom (VI)-Verbindungen unter künstlichen Laborbedingungen (0,16 bar H_2O, 700°C Chromquelle, 150–300°C Kaltzone, 3 cm Quarzrohrreaktor) untersucht wurde und möglich ist, was für die Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)-Forschung relevant ist, jedoch nicht die Bedingungen von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK; 500–600°C, 0,0001–0,01 bar H_2O, offenes System) widerspiegelt; die beobachtete Bildung von Oberflächenmonochromaten (gelb, H410) durch Esterifikation, Polychromaten (braun, H410) durch Polymerisation und Cr_2O_3 (grün) durch Zersetzung auf Keramiken (Quarzfasern, Al_2O_3, Glimmer) ist spezifisch für SOFC-Kathodenmaterialien und nicht auf KWK-Dämmstoffe übertragbar.

Die Behauptung der European Industrial Insulation Foundation (EiiF), dass Chrom(VI)-Bildung „dämmstoffunabhängig“ sei, ist wissenschaftlich irreführend, da KWK-Chromate (z. B. $CaCrO_4$, Na_2CrO_4; H350, H410) nachweislich von alkali-/erdalkalimetallhaltigen Dämmstoffen (CaO/Na_2O) abhängen, wie Sayano et al. in „The formation of Cr(VI) compounds at the interface between metal and heat-insulating material and the approach to prevent the formation by sol-gel process.“ Journal of the Ceramic Society of Japan, 123(8), 677–684“ (2015) zeigen. Auch die Tatar-Studie erklärt eine materialabhängige Chrom (VI)-Ablagerung; hierbei ist die Oberflächenstruktur der untersuchten Materialien elementar für eine anorganische Esterifikation, Polymerisation oder Zersetzung entscheidend; ohne diese wären hätten sich die künstlich herbeigeführten Chromoxyhydroxide anders verhalten.

©Die Chromatexperten

6. "Es gibt keine Vorschriften für den Umgang mit Chrom (VI)-Verbindungen"

Diese Aussage der EiiF ist rechtlich nicht korrekt

Arbeiten mit Chrom (VI)-Verbindungen unterliegen strengen Vorschriften, u. a.:

- Gefährdungsbeurteilungspflicht nach § 6 GefStoffV,
- Spezielle Schutzmaßnahmen gemäß TRGS 561 und TRGS 910,
- Pflicht zur Substitution nach dem STOP-Prinzip, wenn Ersatzstoffe oder sicherere Arbeitsverfahren verfügbar sind,
- Dokumentationspflichten, Unterweisungspflichten, ggf. Anzeige- und Genehmigungspflichten.

Bei Tätigkeiten mit Chrom (VI)-Gefährdung gelten zudem erhöhte Anforderungen an PSA, Überwachung und arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen.

7. "Die Bildung von Chrom (VI)-Verbindungen im Motoren- und Kraftwerksbereich ist bis heute nicht geklärt"

Auch diese Aussage (EiiF, diverse Fachverbände der Bauindustrie) ist nicht korrekt.

Zahlreiche Studien, Erfahrungsberichte und Analysen zeigen:

- Chrom (VI)-Ablagerungen entstehen an heißen, chromhaltigen Edelstahlbauteilen,
- Sie werden durch die Reaktion mit Umgebungsstoffen (insbesondere calcium- und/oder natriumhaltige Dämmmaterialien) katalysiert,
- Die Bildung erfolgt bevorzugt in Temperaturbereichen zwischen 300 und 600 °C,
- Sichtbare Rückstände (z. B. gelbe Stäube) können eindeutig als Chrom (VI)-Verbindungen identifiziert werden (Schnell-, Wisch- und mobile Labortests).
- Staub- und Materialproben können auf ihre Gesamtbelastung unterstützend im Labor getestet werden

Die Entstehungsmechanismen sind mittlerweile gut verstanden.

Motorenhersteller (Innio, MAN), **Hersteller von Isolationsmaterialien** (Frenzelit) und auch **Hersteller calciumhaltiger Montagepasten** (Molykote, Molyslip) **benennen Calciumoxid explizit als Auslöser für die thermochemische Entstehung der Chrom (VI)-Verbindung Calciumchromat**.

Nicht die mangelnde Kenntnis, sondern die oft fehlende Umsetzung geeigneter Schutzmaßnahmen stellt das eigentliche Problem dar.

©Die Chromatexperten

8. "Es gibt (noch) keine calciumfreien Isolationsmaterialien"

Diesen Satz hört man oft, meistens von den Motorenherstellern, Dämmstoffherstellern und auch von den heutigen Isolationsfirmen, die oft als Systempartner agieren.

Hierzu einige Anmerkungen:

- *Wenn es diese Materialien doch geben würde, wäre der Motorenhersteller auch aufgrund seiner Gewährleistungspflicht und Produktverantwortung fast schon verpflichtet, seine Motoren mit der neuen Generation calciumfreier Isolierungen seine Motoren auszustatten, korrekt?*

- *Wenn es diese Materialien doch geben würde und die Verwendung calciumfreier Isolierungen lässt logischerweise keine Chrom (VI)-Verbindungen (kein Calcium – kein Calciumchromat) entstehen, müssten die heutigen Marktführer, vor allem die Unternehmen, welche die Chromatentstehung „isolationsmaterialunabhängig" darstellen, in Erklärungsnot kommen, korrekt?*

- *Wenn Sie als KWK-Betreiber nach geduldiger Auswertung dieses Leitfadens realisieren, dass Sie unverzüglich kostenintensive Schutzmaßnahmen einleiten müssen und vor ebenfalls teuren Dekontaminationsmaßnahmen stehen, und Ihre Sicherheitsfachkraft Ihnen aufzeigt, dass es sehr wohl calciumfreie Isolationssysteme gibt, diese gar nicht so teuer sind, wie alle behaupten und die Anbieter dieser Lösungen Ihnen auch noch eine dreijährige Garantie auf Verschleiß und Wirksamkeit einräumen, dann würden Sie doch zumindest ein wenig die Kompetenz der bisherigen Anbieter und die Aussagekraft der „technischen Ratgeber", „Handlungsanweisungen" etc. mehr als in Frage stellen, korrekt?*

Der Satz: „Es gibt (noch) keine calciumfreien Isolationsmaterialien" ist nicht korrekt, *denn es gibt sie schon etwas länger - alkali- und erdalkalimetallfreie Isolationsmaterialien wie Gewebe und Nadelfilzmatten, um aus ihnen die passgenauen Isolationsformteile für Ihre KWK-Anlage zu fertigen; im Vergleich zu den Original-Ersatzteilpreisen der Motorenhersteller noch nicht einmal teurer in der Anschaffung; genauso wie alkali- und erdalkalimetallfreie „Mattenware" als sog. „Chromatblocker" in der ersten Lage für später mit Blechmänteln zu ummantelnden Rohrleitungen.*

Alle „calciumfreien" Isolationsmaterialien zeichnen sich aus durch

- höhere Temperaturbeständigkeit
- Bindemittelfreiheit
- Hautfreundlichkeit

und aufgrund seiner besseren Dämmeigenschaften als Bahnenmaterial sparen Sie bei Verwendung des Chromatblockers Dämmdicke, Mantelmaterial und Gewicht, sofern Sie Ihre Anlagen versenden.

Klingt machbar? Sollte der jetzige Status Quo vielleicht einfach immer nur weitergeführt werden? Gab es so etwas ähnliches nicht schon einmal vor einigen Jahren?

Diese Frage sollten Sie sich selbst beantworten!

©Die Chromatexperten

G) Zusammenfassung:

Die wichtigsten Richtigstellungen im Überblick:

1. Luftmessungen sind wichtig, aber nicht allein entscheidend.
Sichtbare Ablagerungen, Schnelltests, Laboranalysen und Herstellerinformationen sind ebenso wichtige Hinweise auf Gefährdungen.

2. Neutralisation ersetzt keine Dekontamination.
Die Umwandlung von Chrom (VI)-Verbindungen zu Chrom (III)-Verbindungen ist nicht immer vollständig und stabil. Eine sichere Beseitigung gefährlicher Stoffe gelingt nur durch fachgerechte Reinigung.

3. Nicht nur Isolierer sind betroffen.
Auch Monteure, Wartungskräfte und Reinigungspersonal können mit Chrom (VI)-Verbindungen in Kontakt kommen – oft ohne vollständige PSA.

4. "Das bisschen Pulver" reicht.
Die Akzeptanzkonzentration für Chrom (VI)-Verbindungen liegt bei extrem niedrigen 0,0001 mg/m³. Bereits unsichtbarer Staub kann gefährliche Expositionen verursachen.

5. Chrom (VI)-Bildung ist materialabhängig.
Calcium- und natriumhaltige Dämmstoffe fördern die Entstehung von Cr(VI) auf heißen Edelstahlbauteilen.

6. Strenge Vorschriften gelten.
GefStoffV, TRGS 561 und TRGS 910 schreiben umfassende Schutzmaßnahmen, Substitution und Dokumentation beim Umgang mit Chrom (VI)-Verbindungen vor.

7. Die Entstehung von Chrom (VI)-Verbindungen (Chromaten) ist gut dokumentiert.
Die Mechanismen sind bekannt, die Hauptfaktoren sind:

- heiße Edelstahloberflächen,
- Sauerstoff und
- bestimmte Isolationsmaterialien

8. Es gibt „calciumfreie“ Isolationssysteme.
Alkali- und erdalkalimetallfreie Wärmedämmungen jucken nicht, haben höhere Temperaturbeständigkeiten und werden zum Teil mit längeren Garantien angeboten.

Kein Calcium – Kein Calciumchromat!

©Die Chromatexperten

Es ist essenziell, Narrative frühzeitig zu erkennen und auf sachlicher Grundlage zu entkräften.

Nur ein realistisches Verständnis der Risiken ermöglicht es, Schutzmaßnahmen wirksam umzusetzen, gesundheitliche Schäden zu verhindern und rechtlichen Verpflichtungen nachzukommen.

Chrom (VI)-Verbindungen stellen selbst bei geringen Mengen eine erhebliche Gefahr dar – das Bewusstsein hierfür ist eine zentrale Voraussetzung für modernen Arbeits- und Gesundheitsschutz.

Möge dieser Leitfaden bei der Bewusstseinschärfung helfen und den Narrativen entgegenwirken!

Unternehmen für Dekontaminationsarbeiten und Substitutionslösungen:

Laurenat Isoliertechnik
Bürgermeister-Schade-Str. 2-4
24232 Schönkirchen
info@laurenat-isoliertechnik.de

New Componit S.r.l.
Viale delle Rimembranze, 5
22070 Cirimido (CO), Italia
info@newcomponit.com

Kavarmat® Cleansulation® Technologie
Polnocna 5
56-400 Olesnica, Poland
office@kavarmat.eu

Unternehmen für alkali- und erdalkalimetallfreie Isolationsmaterialien:

TTSC GmbH
Im Ökopark 5
74549 Wolpertshausen
bernd.juelicher@mail.de

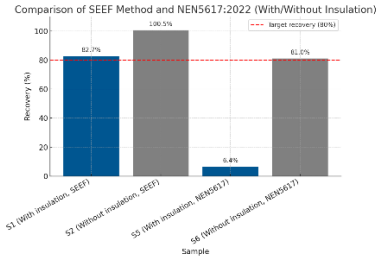
Kavarmat® Cleansulation® Technologie
Polnocna 5
56-400 Olesnica, PL
office@kavarmat.eu

New Componit S.r.l.
Viale delle Rimembranze, 5
22070 Cirimido (CO), I
info@newcomponit.com

Chrom (VI)-Schnelltests, Wischtests, mobiles Chrom (VI)-Labor, Analysetechnik, Chrom (VI)-Luftmessungen:

SEEF B.V.
Tolweg 11
4851 SJ, Ulvenhout, NL
info@seefbv.com

Die Firma SEEF B.V. hat ein spezielles Testverfahren (Matrix) für Anlagen entwickelt, die durch Isoliermaterial mit Chromat kontaminiert sind, da die im Isoliermaterial enthaltenen Fasern und das Calciumoxid die Chromatbelastung „maskieren“ und die „normale“ Analysetechnik viel zu niedrige Ergebnisse liefern kann, so dass es ratsam ist, die tatsächliche Gefährdung für Mensch und Umwelt zu ermitteln. Die Grafik zeigt, dass bei normalen Verfahren nur 6,4%(!) der tatsächlichen Chromatbelastung ermittelt werden, während die SEEF-Matrix 82,7% der Belastung ermittelt.



©Die Chromatexperten