# Auswirkungen der Substitution von Alkali- und/oder Erdalkalimetallhaltigen Isolierungen zur Vermeidung von KMR-Stoffen am Arbeitsplatz

von Stephan Effinowicz, Lloyd Hopes und Markus Sommer

5. August 2024

Version 1.1 · November 2026

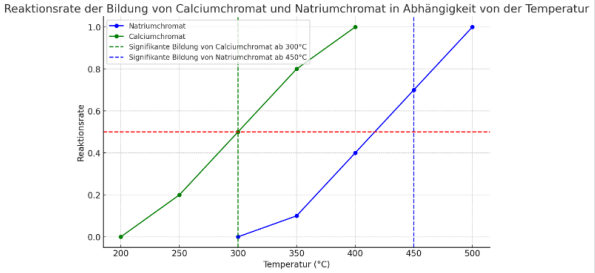
***Zusammenfassung***

Die Substitution von alkali- und erdalkalimetallhaltigen Isolierungen, insbesondere calciumhaltiger Isolationsmaterialien und -systeme durch alkali- und/oder erdalkalimetallfreien, insbesondere calciumfreien Alternativen sollte nicht nur als eine gesetzliche Verpflichtung angesehen werden, sondern auch als eine praktikable und wirtschaftlich sinnvolle Maßnahme zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes am Arbeitsplatz. Die Anwendung nicht chromaterzeugender und somit sichererer Isoliermaterialien schließt die die Exposition gegenüber krebserregenden Chrom(VI)-Verbindungen praktisch aus und trägt dazu bei, die Gesundheit der Arbeitnehmer zu schützen und die Umwelt nachhaltig zu schonen.

## 1. Einleitung

Alkali- und/oder erdalkalimetallhaltige Isolierungen, insbesondere solche, die Calciumoxid, Natriumoxid und/oder Kaliumoxid enthalten, werden häufig auf chromhaltigen Heißteilen eingesetzt. Diese Isolierungen führen bei Betriebstemperaturen oberhalb von 300°C zur Bildung von Calciumchromat und bei Temperaturen oberhalb von 450°C zur Bildung von Natriumchromat und Kaliumchromat, allesamt krebserregende Chrom(VI)-Verbindungen. Diese Isolierungen werden seit Jahrzehnten im Kraftwerksbau, als Turbinen- und Rohrleitungsisolierungen sowie im Automobilbereich eingesetzt, seitdem sie als Substitute für Asbestisolierungen eingeführt wurden. KMR-Stoffe (krebserzeugend, mutagen, reproduktionstoxisch) am Arbeitsplatz stellen ein erhebliches Gesundheitsrisiko dar und Chromate sind zudem als H410 (sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung) eingestuft.

Einige Hersteller, deren Heißteile mit alkali- und/oder erdalkalimetallhaltigen Isolationssystemen werkseitig versehen sind, haben bereits deutlich auf die mögliche Entstehung von Chrom(VI)-Verbindungen hingewiesen. Diese Warnungen sind entscheidend, um sicherzustellen, dass Betreiber und Wartungspersonal über die potenziellen Risiken informiert sind und geeignete Schutzmaßnahmen ergreifen können.



## 2. Technischer Hintergrund

Chrom(VI)-Verbindungen entstehen, wenn alkali- und/oder erdalkalimetallhaltige Isolierungen mit chromhaltigen Heißteilen in Kontakt kommen und hohe Temperaturen erreichen. Die chemischen Reaktionen, die zur Bildung von Calciumchromat, Natriumchromat und Kaliumchromat führen, können wie folgt beschrieben werden:

- **Bildung von Calciumchromat** (ab etwa 300°C):
  $2Cr_2O_3 + 4CaO + 3O_2 \longrightarrow 4CaCrO4_2$
- **Bildung von Natriumchromat** (ab etwa 450°C):
  $Cr_2O_3 + 2Na_2O + 3O_2 \longrightarrow 2Na_2CrO_4$
- **Bildung von Kaliumchromat** (ab etwa 450°C):
  $Cr_2O_3 + 2K_2O + 3O_2 \longrightarrow 2K_2CrO_4$

Diese Reaktionen finden in vielen industriellen Anwendungen statt, insbesondere an Anlagenteilen im Kraftwerksbereich oder bei anderen energieerzeugenden Anwendungen wie auf und um Notstromaggregaten und größeren Motoren, wie z. B. in Blockheizkraftwerken, wo hohe Betriebstemperaturen von über 300°C im Regelbetrieb herrschen.

Aber auch bei der Wärmedämmung nicht edelstahlhaltiger Heißteile können Chromate entstehen, weil die benannten Isolationsmaterialien bereits an sich über chromhaltige Elemente verfügen, wie z. B. Edelstahldrahtverstärkungen in den Fasern, aufgebrachte Edelstahldrahtgazen oder -netze an den Objektseiten zur besseren Stabilität, oder aber auch durch Anbringung chromhaltiger Befestigungsteile wie Haken und Ösen. Ferner wurde beobachtet, dass Chromoxide von Montagedrähten aus Edelstahl mit den Calciumoxiden der äußeren Isolierschicht zu Chromaten hochoxidiert wurden.

Häufig lassen sich Chromatentstehungen, insbesondere die beschriebenen Calcium- und Natriumchromate, als gelbliche Pulverrückstände an den isolierten oder abisolierten Heißteilen sowie auf der Innenseite der vorher aufgebrachten Wärmedämmung optisch erkennen. In der Vergangenheit wurden diese Rückstände fälschlicherweise als Schwefelablagerungen identifiziert, obwohl es dafür keine chemische Erklärung gab. Diese jahrzehntelange Fehleinschätzung hat leider dazu geführt, dass der Schutz von Mensch und Umwelt viel zu lange vernachlässigt wurde.

***Grundmaterialien der Isolierungen***

- **Glasgewebe, Glasfaser(nadel)matten u.ä.**: Diese Materialien enthalten insbesondere Calciumoxid (15-20%).
- **Mineralwolle**: Besteht aus einem Mix verschiedener Alkali-/Erdalkalimetalloxide, insbesondere Calciumoxid und Natriumoxid, mit einem Gesamtanteil von etwa 18%.
- **Calcium-Silikat-Produkte**: Diese Materialien, auch bekannt als CMS-Faser, Erdalkali-Silikatfaser, Biowolle oder Superwool, haben einen besonders hohen Calciumoxidanteil von etwa 40%.
- **Perlitisolierungen**: Diese Isolierungen enthalten hauptsächlich Natriumoxid (ca. 2-5%) und Kaliumoxid (ca. 3-5%).

# 3. Gesetzlicher Rahmen und Gesundheitliche Auswirkungen

## 3.1 Gesetzliche Vorschriften

Die EU-Richtlinie 2004/37/EG (CMR-Richtlinie) und die EU-Verordnung (EU) 2016/425 legen fest, dass Arbeitgeber verpflichtet sind, Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer vor chemischen Gefahren zu ergreifen. Dazu gehören Risikoanalysen, die Implementierung technischer und organisatorischer Maßnahmen sowie die Substitution gefährlicher Stoffe durch sicherere Alternativen.

## 3.2 Gesundheitsgefahren durch Chrom(VI)-Verbindungen

Chrom(VI)-Verbindungen sind krebserregend und stellen ein hohes Risiko für die Gesundheit der Arbeitnehmer dar. Sie können Lungenkrebs verursachen und sind auch mit anderen Krebsarten in Verbindung gebracht worden. Zudem können sie Haut- und Atemwegsreizungen sowie allergische Reaktionen auslösen.

## 3.3 Entsorgung von Chromatkontaminierten Isolierungen

Chromatkontaminierte Isolierungen, die deinstalliert werden, müssen als gefährlicher Abfall behandelt werden. Auch wenn die Mengen an Chromat nicht hoch sind (als Masseprozent), fallen sie unter die Kategorie kennzeichnungspflichtiger Sondermüll. Die korrekte Entsorgung ist gesetzlich vorgeschrieben, um die Umwelt und die menschliche Gesundheit zu schützen. Diese Abfälle müssen in speziellen Entsorgungseinrichtungen behandelt werden, die in der Lage sind, gefährliche Stoffe sicher zu handhaben und zu neutralisieren.

## 3.4 Wiederverwendung von Kontaminierten Teilen

Einige Firmen sind der Meinung, dass sie die kontaminierten Teile nach der Demontage weiterverwenden können. Dies ist jedoch problematisch, insbesondere wenn Hersteller bereits auf die Kontamination hingewiesen haben. Die Wiederverwendung von Teilen, die Chrom(VI)-Verbindungen enthalten, ist in der Regel nicht zulässig.

Die Gründe dafür sind:

1. **Gesundheitsrisiken**: Chrom(VI)-Verbindungen sind krebserregend und stellen ein erhebliches Risiko für die Gesundheit der Arbeitnehmer dar. Die Wiederverwendung kontaminierter Teile könnte zu einer erneuten Exposition führen, was gesetzlich und ethisch nicht vertretbar ist.
2. **Rechtliche Vorschriften**: Gemäß den EU-Richtlinien 2004/37/EG (CMR-Richtlinie) und anderen relevanten Vorschriften müssen Arbeitgeber Maßnahmen ergreifen, um die Exposition gegenüber krebserzeugenden Stoffen zu minimieren. Die Wiederverwendung kontaminierter Teile ohne vorherige Dekontamination würde gegen diese Vorschriften verstoßen.
3. **Kennzeichnungspflichtiger Sondermüll**: Chromatkontaminierte Teile gelten als kennzeichnungspflichtiger Sondermüll. Ihre unsachgemäße Wiederverwendung oder Entsorgung kann erhebliche rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen.

## 3.5 Auswirkungen der Herstellerinformationen auf das Gefahrenmanagement

Die Informationen der Hersteller von Dämmmaterialien bzw. Bauteilen, die werkseitig mit alkali- und/oder erdalkalimetallhaltigen Isolierungen versehen sind, haben erhebliche Auswirkungen auf das Gefahrenmanagement. Wenn

Hersteller auf die mögliche Entstehung von Chrom(VI)-Verbindungen hinweisen, müssen Arbeitgeber diese Informationen in ihre Gefährdungsbeurteilungen und Schutzmaßnahmen einbeziehen. Bei Unwissenheit oder Ignoranz dieser Hinweise besteht das Risiko einer unzureichenden Gefährdungsbeurteilung und Implementierung unzureichender Schutzmaßnahmen, was zu erhöhten Gesundheitsrisiken für die Arbeitnehmer führen kann.

## 3.6 Hautresorptive Eigenschaften von Calciumchromat und Natriumchromat

Sowohl Calciumchromat als auch Natriumchromat sind als hautresorptiv eingestuft. Dies bedeutet, dass sie durch Hautkontakt in den Körper aufgenommen werden können. Daher ist es unerlässlich, Hautkontakt mit diesen Stoffen zu vermeiden. Arbeitgeber müssen sicherstellen, dass geeignete Schutzkleidung und Handschuhe verwendet werden und dass Arbeitnehmer geschult werden, um Hautkontakt zu vermeiden.

# 4. Alternative Isoliermaterialien (Substitution)

## 4.1 Entwicklung und Verfügbarkeit

In den letzten Jahren wurden alkali- und erdalkalimetallfreie, also insbesondere calciumfreie Isoliermaterialien entwickelt, die logischerweise nicht zur Bildung von Calciumchromat oder Natriumchromat führen. Langzeittests über zwei Jahre haben gezeigt, dass diese Materialien effektiv und sicher sind. Sie sind verfügbar als alkali- und erdalkalimetallfreie Gewebe, Isolationsmatten und Composite-Matten, die kontaktseitig frei von Alkali- und Erdalkalimetallen sind, während sie außenseitig erdalkalimetallhaltig (calciumhaltig) sein können.

## 4.2 Vorteile der Substitution

Die Anwendung des vorgeschriebenen Minimierungsgebots wird eine Substitutionsprüfung positiv ausfallen lassen. Zwar sind alkali- und erdalkalimetallfreie Isolationsmaterialien etwas teurer als herkömmliche calciumhaltige Isolationsstoffe, jedoch sind die Gesamtkosten unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorschriften und der Maßnahmen zur Verhinderung der Freisetzung von KMR-Stoffen niedriger. Dies macht eine Substitution nicht nur gesundheitlich, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll.

# 5. Praktische Umsetzung der Substitution

## 5.1 Substitutionsprüfung und Dokumentation

Arbeitgeber müssen eine Substitutionsprüfung durchführen, um zu bewerten, ob die gefährlichen alkali- und erdalkalimetallhaltigen Isolierungen durch sicherere, calciumfreie Alternativen ersetzt werden können. Diese Prüfung muss dokumentiert und regelmäßig aktualisiert werden, um den neuesten Stand der Technik zu berücksichtigen.

## 5.2 Implementierung technischer und organisatorischer Maßnahmen

Wenn eine Substitution möglich ist, müssen technische und organisatorische Maßnahmen ergriffen werden, um die neuen Isolierungen sicher zu integrieren. Dies umfasst die Anpassung von Installationsprozessen, Schulung der Mitarbeiter und regelmäßige Überwachung der Wirksamkeit der neuen Materialien.

## 5.3 Wirtschaftliche Bewertung

Eine Kosten-Nutzen-Analyse sollte durchgeführt werden, um die langfristigen finanziellen Vorteile der Substitution zu bewerten. Dies beinhaltet die Einsparungen durch reduzierte Gesundheitsrisiken, weniger strenge Überwachungsanforderungen und geringere Ausgaben für Schutzmaßnahmen.

## 5.4 Umgang und Entsorgung von Chromatkontaminierten Isolierungen

Beim Austausch alkali- und erdalkalimetallhaltiger Isolierungen durch calciumfreie Alternativen müssen Arbeitgeber sicherstellen, dass die deinstallierten, chromatkontaminierten Isolierungen korrekt entsorgt werden. Dies umfasst:

1. **Kennzeichnung und Lagerung**: Die kontaminierten Isolierungen müssen ordnungsgemäß gekennzeichnet und in geeigneten Behältern gelagert werden, um eine Freisetzung von Schadstoffen zu verhindern.
2. **Transport und Entsorgung**: Der Transport zur Entsorgungseinrichtung muss gemäß den gesetzlichen Vorschriften für den Transport gefährlicher Abfälle erfolgen. Die Entsorgung selbst muss in spezialisierten Einrichtungen erfolgen, die in der Lage sind, Chrom(VI)-haltige Abfälle sicher zu behandeln und zu neutralisieren.
3. **Dokumentation und Nachverfolgung**: Es muss eine umfassende Dokumentation und Nachverfolgung des gesamten Entsorgungsprozesses erfolgen, um sicherzustellen, dass die Abfälle korrekt behandelt werden und die gesetzlichen Anforderungen erfüllt sind.

## 5.5 Verbot der Wiederverwendung von Kontaminierten Teilen

Beim Austausch alkali- und erdalkalimetallhaltiger Isolierungen durch calciumfreie Alternativen müssen Arbeitgeber sicherstellen, dass die kontaminierten Teile nicht wiederverwendet werden. Stattdessen sollten die folgenden Schritte unternommen werden:

1. **Identifikation und Kennzeichnung**: Alle kontaminierten Teile müssen eindeutig identifiziert und entsprechend gekennzeichnet werden, um ihre Gefährlichkeit zu signalisieren.

2. **Dekontamination oder Entsorgung**: Kontaminierte Teile sollten entweder fachgerecht dekontaminiert oder als gefährlicher Abfall entsorgt werden. Die Dekontamination muss von spezialisierten Einrichtungen durchgeführt werden, die in der Lage sind, Chrom(VI)-Verbindungen sicher zu entfernen.
3. **Dokumentation und Einhaltung der Vorschriften**: Arbeitgeber müssen die Einhaltung aller relevanten Vorschriften dokumentieren und sicherstellen, dass alle Maßnahmen zur Handhabung kontaminierter Teile den gesetzlichen Anforderungen entsprechen.

### 5.6 Schutzmaßnahmen bei Hautkontakt

Aufgrund der hautresorptiven Eigenschaften von Calciumchromat und Natriumchromat müssen spezielle Schutzmaßnahmen ergriffen werden, um Hautkontakt zu vermeiden. Diese Maßnahmen umfassen:

1. **Verwendung von Schutzkleidung**: Arbeitnehmer müssen geeignete Schutzkleidung und Handschuhe tragen, um direkten Hautkontakt mit kontaminierten Materialien zu vermeiden.
2. **Schulung und Information**: Arbeitnehmer müssen regelmäßig geschult und informiert werden über die Gefahren von Hautkontakt mit Chrom(VI)-Verbindungen und die richtigen Schutzmaßnahmen.
3. **Hygienemaßnahmen**: Es müssen geeignete Hygienemaßnahmen implementiert werden, einschließlich der Bereitstellung von Waschgelegenheiten und Hautreinigungsmitteln, um die Entfernung von Kontaminationen zu gewährleisten.

Diese Maßnahmen sind notwendig, um die Gesundheit der Arbeitnehmer zu schützen und die Exposition gegenüber gefährlichen Stoffen zu minimieren.

# 6. Fallstudien und Langzeitergebnisse

## 6.1 Langzeittests

Langzeittests über zwei Jahre haben gezeigt, dass calciumfreie Isoliermaterialien effektiv verhindern, dass Chrom(VI)-Verbindungen entstehen. Diese Materialien haben sich in verschiedenen industriellen Anwendungen bewährt und gezeigt, dass sie sowohl sicher als auch langlebig sind.

## 6.2 Praktische Anwendung

Beispiele aus der Praxis zeigen, dass Unternehmen, die auf calciumfreie Isolierungen umgestellt haben, eine signifikante Reduzierung der Gesundheitsrisiken und der damit verbundenen Kosten feststellen konnten. Diese Fallstudien belegen die Machbarkeit und den Nutzen der Substitution in realen Arbeitsumgebungen.

## 7. Fazit

Die Substitution von alkali- und erdalkalimetallhaltigen Isolierungen, insbesondere calciumhaltiger Isolationsmaterialien und -systeme durch alkali- und/oder erdalkalimetallfreien, insbesondere calciumfreien Alternativen sollte nicht nur als eine gesetzliche Verpflichtung angesehen werden, sondern auch als eine praktikable und wirtschaftlich sinnvolle Maßnahme zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes am Arbeitsplatz. Die Anwendung nicht chromaterzeugender und somit sichererer Isoliermaterialien schließt die die Exposition gegenüber krebserregenden Chrom(VI)-Verbindungen praktisch aus und trägt dazu bei, die Gesundheit der Arbeitnehmer zu schützen und die Umwelt nachhaltig zu schonen.

Durch die Einhaltung der vorgeschriebenen Maßnahmen und die kontinuierliche Bewertung und Anpassung der verwendeten Materialien und Prozesse können Arbeitgeber und Hersteller dazu beitragen, die höchsten Sicherheitsstandards zu gewährleisten und gleichzeitig die wirtschaftlichen Vorteile der Substitution zu nutzen, denn spätestens nach Erhalt von Warnmeldungen der Hersteller, dass die Verwendung heutiger oder in der Vergangenheit beschaffter und in Betrieb befindlicher Materialien eine Entstehung krebserregender und chronisch umweltschädlicher Schwermetalle (Chrom(VI)-Verbindungen) verursachen kann, führt zu einem Maßnahmenpaket seitens der Anwender, welches kostentechnisch den finanziellen Mehraufwand, der für die Anschaffung eines Substitutionsproduktes (alkali-/erdalkalimetallfreier Isolationsmaterialien) anzusetzen ist.

**Literaturverweise für die Studie**

1. *REACH-Verordnung (EG 1907/2006)*
    - Die REACH-Verordnung verpflichtet Hersteller, Importeure und nachgeschaltete Anwender, die sicheren Verwendungen von Chemikalien zu gewährleisten. Dies beinhaltet die Registrierung und Bewertung von Risiken sowie die Substitution gefährlicher Stoffe durch weniger gefährliche Alternativen. Weitere Informationen finden Sie auf der offiziellen REACH-Seite der EU.
2. *RoHS-Richtlinie (2011/65/EU)*
    - Die RoHS-Richtlinie beschränkt die Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in elektrischen und elektronischen Geräten, um die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu schützen. Hersteller müssen sicherstellen, dass ihre Produkte den festgelegten Standards entsprechen. Details finden Sie auf der offiziellen RoHS-Seite der EU.
3. *CLP-Verordnung (EG 1272/2008)*
    - Diese Verordnung zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen stellt sicher, dass die Gefahren, die von Chemikalien ausgehen, klar kommuniziert werden. Informationen zur CLP-Verordnung finden Sie auf der ECHA-Website.
4. *Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) Regulations 2002*
    - Diese Verordnung verlangt von Arbeitgebern im Vereinigten Königreich, die Risiken durch den Einsatz gefährlicher Stoffe zu bewerten und zu kontrollieren. Weitere Informationen finden Sie auf der HSE-Website.
5. *Toxic Substances Control Act (TSCA)*
    - Die TSCA gibt der Environmental Protection Agency (EPA) die Befugnis, Berichtspflichten, Aufzeichnungspflichten und Testanforderungen sowie Beschränkungen in Bezug auf chemische Substanzen zu verlangen. Details finden Sie auf der EPA-Website.
6. *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*
    - OSHA's Hazard Communication Standard (HCS) verlangt von Chemikalienherstellern und -importeuren, Material Safety Data Sheets (MSDS) zu erstellen und diese Informationen an die Arbeitnehmer weiterzugeben. Weitere Informationen finden Sie auf der OSHA-Website.

## Versionsverlauf

| Version | Datum | Änderung |
|---|---|---|
| 1.0 | August 2024 | Erstfassung |
| 1.1 | November 2026 | Neusatz im Gestaltungssystem der Chromatexperten; Schreibweise Chrom(VI) vereinheitlicht. |