Geschichte wiederholt sich

Chrom(VI) in der Hochtemperaturdämmung und die Parallelen zu Asbest

von Markus Sommer, Chromatexperte, Die Chromatexperten
Długołęka, November 2026
Version 1.0 · November 2026

Vorwort

Mein Vater machte sich 1988 als Hersteller textiler Isolierungen selbständig. Drei Jahre später starb er mit 59 Jahren an Asbestose. Mit Asbest selbst hatte er nie unmittelbar gearbeitet, wohl aber in Räumen, in denen früher Asbestisoliermatten gefertigt worden waren und die niemand saniert hatte.

Seit 2019 beschäftige ich mich mit der Bildung von Chrom(VI)-Verbindungen an gedämmten Heißteilen, und je länger ich mich damit befasse, desto häufiger begegnen mir Muster, die ich aus der Geschichte des Asbests kenne. Ein Werkstoff gilt als sicher. Warnungen liegen früh vor und werden angezweifelt oder für unerheblich gehalten. Besonders deutlich wird die Gefährdung bei Wartung und Ausbau, und ihre Folgen zeigen sich oft erst Jahrzehnte später.

Dies ist nach „Die übersehene Zutat" und „Das übersehene Verwendungsverbot" mein drittes Werk zu diesem Thema. Die beiden ersten belegen den Sachverhalt chemisch und rechtlich, ihre Belege stehen auf www.cr6.info. Dieses beschreibt, was der Sachverhalt gerade bei den Unternehmen auslöst, die Anlagen herstellen und betreiben, und bei den Menschen, die sie warten. Ein eigenes Kapitel gilt den Behörden, die die Aufsicht führen, ein weiteres der Frage, was der Sachverhalt über Europa hinaus bedeutet. Der Vergleich mit dem Asbest begleitet dabei jedes Kapitel.

Seit wann kann man es nicht mehr nicht wissen?

1. Der Befund

Hochtemperaturdämmstoffe enthalten basische Oxide, vor allem Calcium- und Natriumoxid, die selbst nicht als krebserzeugend eingestuft sind. Oberhalb von etwa 300 °C können sie mit der Chromoxidschicht chromlegierter Heißteile zu Calcium- und Natriumchromat reagieren, zwei krebserzeugenden Chrom(VI)-Verbindungen. Im Lieferzustand ist kein Chromat vorhanden. Es kann erst im Betrieb an der Grenzfläche zwischen Dämmung und Bauteil entstehen, und es kann sich nach einer Reinigung erneut bilden.

Neutralisieren lässt sich Chrom(VI) entgegen einer verbreiteten Vorstellung im Markt nämlich nicht. Möglich ist allenfalls die Reduktion zu Chrom(III)-Verbindungen, und auch sie gelingt am zuverlässigsten im Labor, an technischen Anlagen dagegen nur eingeschränkt. Die Laborberichte, die gern als zertifizierter Wirksamkeitsnachweis angeführt werden, beschreiben diese Grenzen selbst. Gelesen werden sie selten, denn wer ein solches Mittel sucht, wünscht sich verständlicherweise eine Lösung, die ihm die vorgeschriebenen Maßnahmen erspart. Wer auf die Grenzen hinweist, gilt schnell als schwarzes Schaf, und das ist noch eine der harmloseren Bezeichnungen, die mit meinem Namen verbunden werden.

Ob und wo sich Chromat bildet, entscheiden die Bedingungen vor Ort. Die deutsche TRGS 561 nennt als Einflussfaktoren unter anderem die Temperatur, den Chromgehalt der Legierung, Oxide aus Dämmstoffen oder Montagepasten, Sauerstoff und Feuchte. Dass sich an einer Anlage bislang kein Chromat gezeigt hat, ist deshalb keine Gewähr dafür, dass die Bildung nicht morgen einsetzt. Betroffen sein kann jede Anlage, an der chromlegierter Stahl, ein basisch-oxidischer Dämmstoff, Sauerstoff und Temperatur zusammentreffen, also Gas- und Dieselmotoren, Blockheizkraftwerke, Gas- und Dampfturbinen, Kraftwerksleitungen, Kessel, Schiffsmotoren, Fahrzeuge, Lokomotiven, Flugzeugtriebwerke und Baumaschinen. Mineralwolle, Calciumsilikat, E-Glas-Produkte und AES-Wollen enthalten diese Oxide, und sie sind der Standard der heutigen Hochtemperaturdämmung.

Freisetzung

Hat sich Chromat gebildet, wird es freigesetzt, sobald die Dämmung geöffnet wird, bei Wartung, Revision, Reinigung, Ausbau und Rückbau. Es liegt dann als Pulver und als chromathaltiger Staub vor und verlässt den Arbeitsbereich an Werkzeug, Kleidung, Handschuhen und ausgebauten Bauteilen. Freisetzungen sind aber auch im Regelbetrieb möglich. Zwischen dem heißen Bauteil und der kühleren Umgebung besteht ein ständiges Temperaturgefälle. Die Luft in der porösen Dämmung erwärmt sich, dehnt sich aus und tritt an Fugen, Stößen und Befestigungen aus, beim Abkühlen zieht die Dämmung Umgebungsluft wieder an, und die Schwingungen der Maschine kommen hinzu. Mit diesen Luftbewegungen können gebildete Chromatstäube nach außen getragen werden.

Luftmessungen erfassen sie nicht zuverlässig, weil sich die Stäube nicht gleichmäßig im Raum verteilen, und so führt eine unauffällige Luftmessung leicht zu einer Fehleinschätzung. Was freigesetzt und verwirbelt wird, setzt sich später irgendwo ab, häufig dort, wo man es nicht vermutet, und Staub im Raum lässt sich nicht kontrollieren. Wischproben haben Chromate auch auf Lichtschaltern und Kabeltrassen nachgewiesen, in Bereichen also, die mit der Dämmung nicht unmittelbar zusammenhängen. Was sich auf Anlagenteilen absetzt, gelangt auf den Boden, und von dort tragen Kleidung und vor allem Schuhwerk die Partikel aus dem Arbeitsbereich hinaus, in andere Betriebsbereiche und schließlich nach Hause. Auch bei Asbest erkrankten Angehörige, die nie an einer Anlage gearbeitet hatten, etwa weil sie die Arbeitskleidung ausgeschüttelt und gewaschen hatten. Panikmache ist das nicht. Die Mengen sind für sich betrachtet gering, aber für eine gesundheits- und umweltschädliche Wirkung braucht es keine großen Mengen. Wie viele Teilchen sich schon hinter einem für das Auge kaum

wahrnehmbaren Mikrogramm verbergen, auch im Vergleich zu Asbest, zeigt der Abschnitt „Das bisschen Staub" im Kapitel über die Beschäftigten.

Asbest war im eingebauten Zustand in vielen Fällen ebenfalls unauffällig und wurde gefährlich, wenn man ihn bearbeitete, beschädigte oder ausbaute. Bei den Chromaten unter der Dämmung verhält es sich ähnlich. Die Gefahr steckt im Bestand, und sie trifft in erster Linie die Menschen, die an den Anlagen arbeiten, weniger die, die sie betreiben.

Was vom Asbestausstieg blieb

Auf der Baustelle sprach man von Asbest, ohne zwischen Chrysotil, Amosit und Krokydolith zu unterscheiden. Das hatte wenig Folgen, weil jedes dieser Minerale eine Faser war. Mit dem Begriff „Chrom(VI)" verhält es sich ähnlich, allerdings mit einem entscheidenden Unterschied. Wer ihn hört, denkt an Chromsäure, Galvanik und chromathaltige Grundierungen, an Stoffe also, die er selbst nicht einsetzt. Calcium- und Natriumchromat als Reaktionsprodukte des eigenen Betriebs kommen in diesem Bild nicht vor, und so hat der Sammelbegriff über Jahrzehnte verhindert, dass nach dem Reaktionspartner gefragt wurde.

Der Ausstieg aus dem Asbest war zwingend und richtig. Ersetzt wurde dabei die Faser, während die basisch-oxidische Chemie der Dämmsysteme blieb. Calciumsilikat gehörte schon in der Asbestzeit zum selben Markt, Johns-Manville bewarb sein Produkt Thermobestos ausdrücklich als „calcium silicate insulation", und Mineralwolle wurde bereits in den 1940er-Jahren mit Asbest gemischt verbaut. Auf chromlegierten Heißteilen blieben die Bedingungen der Chromatbildung damit bestehen. „Asbestfrei" sagt nichts darüber, ob ein Dämmstoff zur Chromatbildung beiträgt.

Mit dem Ersatz der Asbestisolierstoffe entstand in der Isoliertechnik ein Standard, der bis heute Bestand hat. Die Motoren- und Energietechnik hat sich seitdem um ein Vielfaches weiterentwickelt, auf dem Motorenteil sitzt am Ende aber noch immer ein Dämmelement, dessen technischer Ursprung in den 1970er-Jahren liegt und das seither kaum verändert wurde. Ich arbeite seit 1988 in der Hochtemperaturisolierung und habe diese Entwicklung von innen erlebt. Die Hochtemperatur-Isoliertechnik ist ein besonders innovationsträger Bereich, in dem nicht mehr hinterfragt wurde, was nach dem Asbest als Lösung galt. Auch Asbest war über Jahrzehnte der unbestrittene Standard der Wärmedämmung, solange er seinen technischen Zweck erfüllte.

2. Die Hersteller

Motoren-, Turbinen- und Dämmstoffhersteller kennen den Bildungsweg. Seit November 2020 haben Wärtsilä, Caterpillar, Rolls-Royce, MAN, Mercedes-Benz, Proventia, Frenzelit und Rockwool eigene Mitteilungen dazu herausgegeben. INNIO Jenbacher regelt die Arbeiten an seinen Gasmotoren seit dem 31. Mai 2023 in der Technischen Anweisung TA 2300-0025 „Anwendung der Cr-6-Reduktionslösung", die sich an Kunden, Vertriebs- und Servicepartner richtet, und MAN hat Calciumchromat an gelaufenen Motorenkomponenten in eigenen Analysen nachgewiesen.

Bei Asbest lagen die ersten belastbaren Hinweise Jahrzehnte vor dem Verbot vor, und bei den Chromaten ist es nicht anders. Das US-Patent von Udy beschreibt 1939 die gezielte Herstellung von Calciumchromat aus einer Chromquelle, Kalk und Luftsauerstoff. Im April 1990 warnte Babcock & Wilcox die Betreiber von Kesseln im Plant Service Bulletin PSB-43 vor Chrom(VI) aus chromhaltigem Feuerfestmaterial, 1994 erweiterte das Unternehmen die Warnung auf weitere chromhaltige Materialien, darunter Dämmstoffe und Textilien. Toshiba beschrieb 2010 in einer Patentanmeldung genau die Grenzfläche zwischen Edelstahl und calciumhaltiger Wärmedämmung und schlug eine Trennschicht als Abhilfe vor, und 2015 wiesen japanische Forscher Calcium- und Natriumchromat an dieser Grenzfläche direkt nach.

Die Hinweise wurden angezweifelt, für unerheblich gehalten oder auf andere Ursachen zurückgeführt. Gelbe Stäube und Rückstände hielt man wegen ihrer Farbe für Schwefel, und wo das nicht passte, galten sie als Folge einer Beschichtung oder der Legierung. Als 1994 chromhaltige Dämmprodukte abgewählt wurden, blieb der Reaktionspartner Calcium in den Ersatzprodukten erhalten. Das gelbe Pulver trat weiter auf und galt nun als unvermeidbar.

Die heutigen Mitteilungen der Hersteller regeln den Arbeitsschutz im Moment der Tätigkeit. Sie ordnen Schutzausrüstung an, untersagen Druckluft und Bürsten und empfehlen teils eine Behandlung mit Reduktionslösungen. Wärtsilä verlangt calciumfreie Montagepasten, Proventia empfiehlt sie. Den gleichen Schritt für den Dämmstoff selbst hat bisher kein marktführender Hersteller angekündigt. Es liegt die Frage nahe, ob der Umgang geregelt wird und das Material bleibt, weil ein Wechsel des Dämmstoffs Fragen zu allen bereits ausgelieferten Anlagen aufwerfen würde. Die Asbestindustrie hat diesen Weg vorgezeichnet. Als die Gesundheitsfolgen nicht mehr zu bestreiten waren, warb sie über Jahrzehnte für den kontrollierten Umgang mit Chrysotil, und Schutzmaßnahmen sollten das Material verwendbar halten. Dass die Hersteller die Gesundheitsfolgen schon seit den 1930er-Jahren kannten, zeigten in den Vereinigten Staaten später die Unterlagen, die in den Asbestprozessen vorgelegt wurden.

Dabei pflegt jedes Unternehmen seine eigene Wahrnehmung des Problems. Wo Schnelltests vorgesehen sind, werden sie als belastbar dargestellt, obwohl sie nur bedingt zuverlässig sind und ihre Aussagekraft entsprechend eingeschränkt ist. Auch chemisch ist die Bewertung begrenzt. Die Schnelltests mit Wattestäbchen sind für eine Fläche von einem Quadratzentimeter ausgelegt, und eine einmal bestrichene Fläche eignet sich für einen zweiten Test nicht mehr, weil ihre Oberfläche dann chemisch behandelt ist. Ein negatives Ergebnis schließt eine Chrom(VI)-Belastung deshalb nicht aus. Eine französische Feldstudie fand am Turbolader eines Motors 869 ng Chrom(VI) im Labor, während der Schnelltest an derselben Stelle negativ blieb. Vieles bleibt halbherzig, und auch das kennt man aus der Asbestzeit, in der Grenzwerte und Messungen den Umgang beherrschbar erscheinen ließen.

Für die Hersteller folgen daraus Fragen, die sie sich selbst stellen sollten, nämlich ob ihre Hinweise alle erreichen, die an den Anlagen arbeiten, auch die freien Werkstätten, Aufbereiter und Verwerter, ob ihre Sicherheitsinformationen den Zustand des Produkts nach dem Gebrauch beschreiben oder nur den Lieferzustand, und welches Dämmmaterial sie heute mit neuen Anlagen ausliefern, deren Nutzungsdauer weit über das kommende Verwendungsverbot hinausreicht.

3. Die Betreiber

Auf der Seite der Betreiber kann die Chromatbildung im Grundsatz jede Installation betreffen, die nach dem Asbestausstieg mit den Ersatzdämmstoffen ausgerüstet wurde, sofern Temperatur, Werkstoff und Einsatzbedingungen zusammentreffen. Die Branche hat auf diese Werkstoffe gesetzt. Ob man angesichts der Warnungen seit 1990 nicht hätte sehen müssen, worauf man setzt, ist die Frage, die sich stellt.

Tausende Anlagen sind ausgeliefert und in Betrieb, und neue werden in diesen Wochen mit denselben Dämmstoffen ausgerüstet. Die Auftragslage ist gut, die Termine sind eng, und das Servicepersonal arbeitet seit Jahren an diesen Anlagen, ohne über die Chromatbildung unterrichtet und gegen sie geschützt zu sein. Wer unter diesen Umständen die eigentlich nötigen Schritte einleitet, löst Fragen aus, die weit über den heutigen Tag hinausreichen, etwa seit wann der Sachverhalt bekannt ist, welche Beschäftigten in ein Expositionsverzeichnis hätten aufgenommen werden müssen, ob arbeitsmedizinische Vorsorge angeboten wurde und was mit den Anlagen geschieht, die bereits beim Kunden stehen, und mit den Austauschteilen im Lager.

Diese Fragen werden in den Köpfen der Verantwortlichen gestellt, lange bevor sie irgendwo ausgesprochen werden, und es liegt nahe, dass sie den ersten Schritt verzögern. Wer nichts ändert, muss nichts erklären, so scheint es jedenfalls, und auch das kennt man aus der Geschichte des Asbests. Die Rechnung geht allerdings nicht auf. In Deutschland, den Niederlanden, dem Vereinigten Königreich und den Vereinigten Staaten knüpfen Bußgeld und Strafe an die unterlassene Gefährdungsbeurteilung und die fehlenden Schutzmaßnahmen an und nicht an einen eingetretenen Gesundheitsschaden. Jede weitere Wartung ohne Beurteilung ist ein weiterer Vorgang dieser Art, und in Deutschland kommt der Rückgriff des Unfallversicherungsträgers hinzu, wenn ein Versicherungsfall grob fahrlässig herbeigeführt wurde. Die Frage, seit wann man es wusste, wird mit jedem Jahr schwerer zu beantworten.

Nichts zu tun ist ebenfalls eine Entscheidung. Sie wird bei jeder Wartung neu getroffen, und jedes Mal öffnet jemand ungeschützt eine Dämmung, unter der sich Chromat gebildet haben kann. Der erste Schritt beendet diesen Zustand, und je später er kommt, desto länger wird die Strecke, für die sich das Unternehmen erklären muss.

Die wirtschaftlich größte Frage betrifft den Bestand. In Deutschland ist der Betreiber Veranlasser der Arbeiten an seiner Anlage und muss dem ausführenden Unternehmen nach § 5a der Gefahrstoffverordnung vor Beginn alle ihm vorliegenden Informationen über vorhandene oder vermutete Gefahrstoffe zur Verfügung stellen. Die Musterbetriebsanweisung der deutschen BG BAU schreibt vor, ausgebaute Mineralwolleprodukte nicht wiederzuverwenden, und ein Dämmelement, das nach der ersten Wartung entsorgt werden muss, erreicht die Nutzungsdauer nicht, mit der es beschafft wurde. Gebäudeeigentümer kennen diese Lage aus der Asbestgeschichte. Asbest im Bestand war lange bekannt, bevor die Sanierung in Gang kam, und die Sanierung des Gebäudebestands dauert bis heute an. Die Pflicht des Veranlassers nach § 5a wurde 2024 vor allem mit Blick auf diesen Asbestbestand eingeführt. Für gedämmte Heißteile gilt sie ebenso.

4. Die Beschäftigten

Das Risiko tragen die Menschen, die die Dämmung öffnen. Für sie ist das gelbe Pulver an Abgaskrümmern, Turboladern und Flanschen seit Jahren Alltag. Es galt als Schwefel, wurde mit Lappen und Sprühmitteln entfernt, und die Dämmung wurde wieder angelegt. Viele erfahren erst jetzt, dass sie mit krebserzeugenden Chromaten gearbeitet haben, und fragen sich, wie oft und wie lange.

Bei Asbest zeigten sich die Folgen zuerst an den Isolierern. Irving Selikoff wies 1964 an den Mitgliedern der Isolierergewerkschaft in New York und New Jersey gehäufte Lungenkrebs- und Mesotheliomfälle nach. Getroffen hat es aber auch die, die nur in der Nähe arbeiteten, wie meinen Vater. Zwischen der Exposition und einer Erkrankung liegen bei Chrom(VI) wie bei Asbest Jahre bis Jahrzehnte, und wer heute ungeschützt eine Dämmung öffnet, wird die Folgen nicht morgen bemerken.

Für Asbest besteht ein geschlossenes Verfahren. EU-weit sind Asbestarbeiten vorab der Behörde anzuzeigen, und das Personal muss eigens geschult sein. In Deutschland braucht es zudem einen Sachkundenachweis, Bereiche werden abgeschottet, und die Schutzmaßnahmen enden erst nach einer Freimessung, in den Niederlanden dürfen nur zertifizierte Unternehmen Asbest sanieren. Für die Chromate an gedämmten Heißteilen gibt es nichts davon. Gereinigt wird mit Lappen, Sprühmitteln und Teststreifen durch das vorhandene Wartungspersonal, obwohl die Chromate Einstufungen tragen, die Asbest nicht hat. Calcium- und Natriumchromat sind nach Anhang VI der CLP-Verordnung als sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung eingestuft, Natriumchromat zusätzlich als hautätzend und hautsensibilisierend. Der Unterschied in der Behandlung erklärt sich daraus, dass Asbest als Produkt geliefert wurde und das Chromat erst im Betrieb entstehen kann.

Die Nachrangigkeit der persönlichen Schutzausrüstung ist im Unionsrecht seit 1989 verankert und in den Mitgliedstaaten längst nationales Recht. Die neue Richtlinie (EU) 2026/2450 vom 21. Oktober 2026 schreibt sie für Karzinogene ausdrücklich fest und nennt den Atemschutz beim Namen. Neu ist der Anspruch der Träger auf regelmäßige Pausen in einem Bereich ohne Kontaminationsgefahr, deren Dauer und Häufigkeit sich nach der Gefährdungsbeurteilung richten, und die Mitgliedstaaten müssen ihn bis zum 20. November 2028 in nationales Recht überführen. Wer eine Schicht lang unter Vollmaske und Schutzanzug arbeitet, braucht diese Pausen und einen Ort, an dem er sie ohne Kontamination machen kann. Die Regelwerksanalyse „Persönliche Schutzausrüstung als letztes Mittel“ im Kompendium der Chromatexperten gibt die Vorschriften im Wortlaut wieder.

EU-weit haben die Beschäftigten Anspruch auf Unterrichtung und Unterweisung zu den Gefahrstoffen, mit denen sie arbeiten, und wer gegenüber Karzinogenen exponiert ist, gehört in das Expositionsverzeichnis, das mindestens vierzig Jahre nach Ende der Exposition aufbewahrt wird. In Deutschland kommen die Betriebsanweisung und, wer wiederholt Chrom(VI) ausgesetzt sein kann, die arbeitsmedizinische Pflichtvorsorge hinzu. Für Fremdfirmen und Leiharbeitnehmer gilt das ebenso, und Erkrankungen durch Chrom oder seine Verbindungen sind in Deutschland als Berufskrankheit Nummer 1103 gelistet. Wer an einer gedämmten Anlage Stäube oder Rückstände findet, sollte wissen, dass die Farbe kein verlässliches Zeichen ist, denn Chrom(VI) kann auch vorliegen, ohne dass gelbe Stäube sichtbar sind.

Bei Asbest waren die Faserzahlen und die belasteten Flächen ungleich größer als das, was heute an gedämmten Heißteilen geschieht. Chrom(VI) bringt dafür andere Eigenschaften mit. Es bildet keine Fasern, die Belastung ist meist nicht zu sehen, und zur Gefährdung beim Einatmen kommen der Hautkontakt und die Gefährdung der Umwelt hinzu. Im Asbestbereich gibt es den Satz, eine einzige Faser könne töten. Ich übertrage ihn nicht auf Chrom(VI)-Partikel, aber wahr ist an ihm, dass für krebserzeugende Stoffe ohne Wirkschwelle niemand seriös angeben kann, ab welcher eingeatmeten Menge eine Erkrankung entsteht und unterhalb welcher nicht.

Das Recht arbeitet deshalb mit Risiken. Die deutsche TRGS 910 legt für Chrom(VI)-Verbindungen eine Toleranzkonzentration von 1 µg/m³ fest, bezogen auf Chrom in der einatembaren Fraktion (DGUV). Sie entspricht dem Toleranzrisiko von 4 zu 1.000, rechnerisch also vier zusätzlichen Krebserkrankungen unter 1.000 Beschäftigten, die 40 Jahre lang arbeitstäglich dieser Konzentration ausgesetzt sind. Der verbindliche Grenzwert der Europäischen Union nach der Richtlinie 2004/37/EG liegt seit dem 18. Januar 2025 bei 5 µg/m³, dem Fünffachen (Anhang III).

„Das bisschen Staub"

Wer bei 100.000 Asbestfasern je Kubikmeter erschrickt und das bisschen gelben Staub am Abgaskrümmer für harmlos hält, vergleicht eine Zahl mit einem Eindruck. Asbest wird in Fasern gezählt, Chrom(VI) in Gewicht gemessen, und vergleichbar wird beides erst durch die Umrechnung.

Eine typische Asbestfaser ist etwa 10 µm lang und 0,5 µm dick und wiegt bei der Dichte von Chrysotil rund 5 Pikogramm, also 5 Billionstel Gramm. 100.000 solcher Fasern wiegen zusammen etwa 0,5 µg, je nach Länge und Dicke der Fasern 0,04 bis 4 µg. Genau diese 100.000 Fasern je Kubikmeter setzt die deutsche TRGS 910 für Asbest beim Toleranzrisiko von 4 zu 1.000 an, für Chrom(VI) beim selben Risiko 1 µg/m³. Die beiden Werte sehen völlig verschieden aus, beschreiben aber dasselbe Krebsrisiko und liegen gewichtsmäßig in derselben Größenordnung.

Umgekehrt gezählt sieht das bisschen Staub anders aus. 1 µg Chrom(VI) als Calciumchromat in Partikeln von 1 µm Durchmesser sind rund 1,8 Millionen Teilchen, und beim gleichen Risiko stehen 100.000 Asbestfasern damit rund 1,8 Millionen Chromatteilchen gegenüber. Auch die Menge, die ein Beschäftigter dabei einatmet, ist klein. Bei rund 10 m³ Atemluft je Schicht sind es bei der Toleranzkonzentration etwa 10 µg Chrom(VI) am Tag, über ein Arbeitsjahr von 220 Schichten gut 2 mg und über 40 Berufsjahre knapp 90 mg, weniger als ein Zehntel Gramm. Mit dieser Menge über ein Arbeitsleben rechnet die TRGS 910 mit vier zusätzlichen Krebserkrankungen unter 1.000 Beschäftigten. Die französische Feldstudie fand am Turbolader eines einzigen Motors 869 ng Chrom(VI). Verteilt in einem Kubikmeter Luft entspräche das fast der Toleranzkonzentration.

In den Grenzwerten schlägt sich diese Gleichwertigkeit nicht nieder. Nach der Richtlinie (EU) 2023/2668 gilt für Asbest bis zum 20. Dezember 2029 ein Grenzwert von 10.000 Fasern je Kubikmeter. Bis zu diesem Tag stellen die Mitgliedstaaten die Faserzählung auf das Elektronenmikroskop um, bis dahin wird, wo möglich, mit dem Phasenkontrastmikroskop gezählt. Ab dem 21. Dezember 2029 gilt wahlweise derselbe Wert unter Einbeziehung der dünnen Fasern unter 0,2 µm oder ein Wert von 2.000 Fasern je Kubikmeter (WHO). Das sind etwa 0,05 und 0,01 µg/m³. Der verbindliche europäische Grenzwert für Chrom(VI) liegt bei 5 µg/m³ und damit gewichtsmäßig um das Hundert- bis Fünfhundertfache darüber. Die Rechnung vergleicht Massen und Teilchenzahlen, über die Wirkmechanismen der beiden Stoffe sagt sie nichts.

5. Die Aufsicht

Nach dem Asbestausstieg haben Dämmstoffhersteller, Behörden und Unfallversicherungsträger über viele Jahre Hand in Hand gearbeitet. Das war gewollt und ist im deutschen Recht so angelegt. Im Ausschuss für Gefahrstoffe, der die TRGS erarbeitet, sollen nach § 20 der Gefahrstoffverordnung Arbeitgeber, Gewerkschaften, Landesbehörden, gesetzliche Unfallversicherung und Wissenschaft vertreten sein. Was aus dieser Zusammenarbeit entstanden ist, verdient Respekt, denn die Gefährdung durch Fasern wurde damit deutlich vermindert.

Die Ersatzfasern wurden gemeinsam untersucht und in das Regelwerk eingeordnet, und daraus entstanden die Einstufungs- und Freizeichnungskriterien, nach denen künstliche Mineralfasern bis heute beurteilt werden. Die europäische Einstufung fasst als Mineralwolle Silikatfasern mit einem Gehalt von mehr als 18 Prozent an Natrium-, Kalium-, Calcium-, Magnesium- und Bariumoxid zusammen. Nach Anmerkung Q entfällt die Einstufung als krebserzeugend, wenn die Fasern im Biobeständigkeitstest schnell genug abgebaut werden (Richtlinie 97/69/EG vom 5. Dezember 1997). In Deutschland war lange der Kanzerogenitätsindex maßgeblich, die Summe der Oxide von Natrium, Kalium, Bor, Calcium, Magnesium und Barium abzüglich des doppelten Aluminiumoxidgehalts. Ab einem Wert von 40 wurde eine glasige Faser nicht als krebserzeugend eingestuft (TRGS 905). Seit dem 1. Juni 2000 dürfen nicht freigezeichnete Mineralwollen in Deutschland für die Wärme- und Schalldämmung, den Brandschutz und die technische Dämmung im Hochbau nicht mehr hergestellt und verwendet werden, und freigezeichnete Produkte tragen in der Regel das RAL-Gütezeichen der Gütegemeinschaft Mineralwolle (Gewerbeaufsicht Niedersachsen).

Für die Hochtemperaturdämmung ergibt sich daraus ein unbequemer Befund. Der Kanzerogenitätsindex steigt mit dem Gehalt an basischen Oxiden, weil diese die Faser im Körper schneller auflösen, und je mehr Calcium- und Natriumoxid eine glasige Faser enthält, desto eher wird sie freigezeichnet. Auf chromlegierten Heißteilen sind genau diese Oxide der Reaktionspartner der Chromatbildung. Mit derselben Richtlinie von 1997 wurde die Aluminiumsilikatwolle, die höchstens 18 Prozent dieser Oxide enthält, als krebserzeugend eingestuft, und 2010 kam sie auf die Kandidatenliste der besonders besorgniserregenden Stoffe. Als Alternative bieten die Hersteller Erdalkalisilikatwollen an, die nach Anmerkung Q freigestellt sind. Bewertet wurde in allen Fällen die Faser im Lieferzustand und ihr Verhalten in der Lunge. Was dieselbe Faser nach Jahren bei mehreren hundert Grad auf chromlegiertem Stahl bildet, war nicht Gegenstand der Bewertung.

Inzwischen erkennen die Aufsichtsbehörden die In-situ-Bildung an. Seit dem 4. Mai 2026 behandelt die deutsche TRGS 561 sie in einem eigenen Abschnitt und verlangt das Schutzregime bereits dann, wenn eine Chrom(VI)-Belastung nicht auszuschließen ist, und die deutschen Berufsgenossenschaften BG BAU, BG ETEM und BG Verkehr benennen die betroffenen Bereiche ausdrücklich. Der nächste Schritt fällt ungleich schwerer. Wer das Gefahrenpotenzial der Chromatbildung anerkennt, muss im selben Atemzug auf die Produkte hinweisen, die man über viele Jahre weitgehend gemeinsam als anerkannten Stand der Technik behandelt hat, und psychologisch ist das ein dickes Brett.

Im Verfahrensrecht spricht man in einer solchen Lage von Befangenheit. Sie setzt kein Fehlverhalten voraus, es genügt der begründete Anschein fehlender Unparteilichkeit. Der Europäische Gerichtshof für Menschenrechte prüft die Unparteilichkeit nach Artikel 6 der Europäischen Menschenrechtskonvention deshalb auch am äußeren Anschein. Ob eine Stelle einen Stoff unbefangen neu bewerten kann, den sie selbst mit eingeordnet hat, darf man fragen. Im Hochtemperaturbereich werden Regelsetzer und Dämmstoffhersteller jedenfalls getrennte Wege gehen müssen.

Auch bei Asbest wurde zuerst der Umgang geregelt. In Deutschland wurde die Asbestose bereits 1936 als Berufskrankheit anerkannt, verboten wurde Asbest am 31. Oktober 1993 (Umweltbundesamt). Dazwischen lagen 57 Jahre, in denen der Umgang geregelt wurde. Als ersten Grenzwert erhielt Asbest 1971 eine Technische

Richtkonzentration (Bayerisches Landesamt für Umwelt). Sie bezeichnete die Konzentration, „die nach dem Stand der Technik erreicht werden kann", und vermochte ein Gesundheitsrisiko nach dem Wortlaut der TRGS 102 „nicht vollständig auszuschließen". Maßstab war das technisch Erreichbare, und den Stoff selbst stellte das Regelwerk erst am Ende in Frage.

6. Die globale Dimension

Hunderttausende Anlagen mit gedämmten Heißteilen sind weltweit in Betrieb, und rechnet man die Fahrzeuge hinzu, sind es weit mehr. Die Dämmstoffe, um die es geht, sind überall Standard. Motoren, Turbinen und Abgasanlagen europäischer Hersteller laufen auf allen Kontinenten, Schiffe werden in den Häfen gewartet, die sie gerade anlaufen, Baumaschinen und Nutzfahrzeuge in Werkstätten in aller Welt. Die Internationale Krebsforschungsagentur der Weltgesundheitsorganisation stuft Chrom(VI)-Verbindungen als krebserzeugend für den Menschen ein, Gruppe 1, und zwar im selben Band 100C, in dem sie auch Asbest bewertet (IARC, Monographie 100C). Diese Gefahr ist eine Eigenschaft des Stoffes und hängt nicht davon ab, in welchem Land jemand mit ihm in Berührung kommt. Verschieden ist allein, wie die Länder ihre Beschäftigten und die Umwelt davor schützen.

Was das für den bereits gedämmten Bestand an Anlagen, Schiffen und Fahrzeugen bedeutet, lässt sich nicht beziffern, denn dieser Bestand wurde nie unter der Frage der Chromatbildung erfasst. Allein bei Gasmotoren, Kohlekraftwerken, Abfallverbrennungslinien und Schiffen ergeben sich nach öffentlichen Bestandszahlen und vorsichtigen Annahmen zu den Wartungsintervallen überschlägig 58.000 bis 61.000 Wartungsanlässe im Jahr, noch ohne Abzug der Überschneidungen, an denen die Dämmung geöffnet wird (Herleitung der Größenordnung). Hinzu kommen Millionen Werkstattaufenthalte von Nutzfahrzeugen. Die Regeln, die den Sachverhalt erfassen, gelten dagegen nur an wenigen Orten. Die TRGS 561 ist eine deutsche Regel, die REACH-Verordnung gilt im Europäischen Wirtschaftsraum, und die Hersteller liefern trotzdem ein und dasselbe Produkt in alle Märkte.

Bei Asbest hat sich gezeigt, wie lange ein Ausstieg weltweit dauert. Deutschland verbot Asbest 1993, die Europäische Union 2005, die Vereinigten Staaten den Chrysotil erst 2024, und in vielen Ländern wird Asbest bis heute verwendet. Kanada förderte und exportierte Chrysotil, bis Anfang der 2010er-Jahre die letzten Minen schlossen, während im eigenen Land Gebäude saniert wurden. In den Vereinigten Staaten führten die Asbestklagen zur Insolvenz großer Hersteller. Johns-Manville ging 1982 in das Insolvenzverfahren, und aus Treuhandfonds werden Erkrankte bis heute entschädigt. Wer weltweit liefert, unterliegt auch den Rechtsordnungen, in denen die Haftung für Gesundheitsschäden so ausgestaltet ist.

Ein Unterschied zum Asbest wiegt dabei schwer. Asbest wurde als Produkt geliefert, und dort, wo er verboten wurde, endete die Lieferung. Das Chromat kann im Betrieb an jeder Anlage neu entstehen, die mit einem basisch-oxidischen Dämmstoff ausgerüstet ist, und solange diese Dämmstoffe geliefert werden, wächst der Bestand weiter.

Kraftwerke und Blockheizkraftwerke

Der Global Integrated Power Tracker von Global Energy Monitor erfasst weltweit 116.095 Kraftwerkseinheiten (Carbon Brief, Juli 2024). Darin sind auch Wind-, Solar- und Wasserkraftanlagen ohne gedämmte Heißteile enthalten, die übrigen sind Kohle-, Gas-, Öl-, Bioenergie-, Kern- und Geothermiekraftwerke mit gedämmten Dampf- und Abgasleitungen. In den Vereinigten Staaten verzeichnet das Energieministerium knapp 4.400 Standorte mit Kraft-Wärme-Kopplung (US Department of Energy), in Deutschland sind über 10.000 Blockheizkraftwerke in Betrieb. Sie versorgen Krankenhäuser, Wohnquartiere, Gewächshäuser, Kläranlagen und Biogasanlagen, und

ihre Abgasstrecke wird bei jeder größeren Revision geöffnet. Die deutschen Berufsgenossenschaften nennen Blockheizkraftwerke unter den betroffenen Bereichen ausdrücklich.

Im Juni 2026 ging INNIO an die Nasdaq. Der Hauptaktionär verkaufte dabei 90 Millionen Aktien für rund 2,4 Milliarden US-Dollar, INNIO selbst erhielt aus dem Angebot keinen Erlös (Börsen-Zeitung, 4. Juni 2026). Im endgültigen Wertpapierprospekt vom 3. Juni 2026 ist die Chromatproblematik nicht enthalten. Chrom, Chromate und krebserzeugende Stoffe kommen darin nicht vor, Gefahrstoffe, Arbeitssicherheit und persönliche Schutzausrüstung nennt er nur allgemein (Prospekt bei der US-Börsenaufsicht SEC). Konstruktions- und Fertigungsfehler beschreibt der Prospekt als Möglichkeit, die einen großen Rückruf im Feld auslösen könnte („could cause a large field recall"), Gefährdungen durch Gefahrstoffe bezieht er auf die eigenen Standorte („our current or former facilities"), und der Begriff Produkthaftung kommt nicht vor. Die installierte Basis der eigenen Gasmotoren beziffert er auf rund 44 Gigawatt zum 31. Dezember 2025, und er weist darauf hin, dass Motoren im weltweiten Bestand eine Betriebsdauer von über 20 Jahren erreichen können. Die Technische Anweisung TA 2300-0025 zur Cr-6-Reduktion lag zu diesem Zeitpunkt seit drei Jahren vor. Ein US-Bundesberufungsgericht hat 2021 entschieden, dass Risikofaktoren, die ein Risiko nur als Möglichkeit beschreiben, irreführend sein können, wenn es bereits eingetreten ist (In re Alphabet, Ninth Circuit). Damit steht die Frage im Raum, ob die Chromatbildung an den eigenen Motoren in den Börsenprospekt gehört hätte.

Rechenzentren

Wir befinden uns in einer Phase, die sehr energiehungrig ist. Kaum ein Tag vergeht, an dem Motoren- und Turbinenhersteller keine neuen Auftragseingänge melden, vor allem für Rechenzentren. Wärtsilä liefert für Rechenzentren in den Vereinigten Staaten Gasmotorenkraftwerke mit 412 Megawatt und 282 Megawatt. Siemens Energy nennt für heute bestellte Gasturbinen Liefertermine in den Jahren 2030 und 2031 (Börsen-Zeitung, 11. Juni 2026). Nach einer Branchenübersicht des Turbomachinery Magazine vom Juli 2026 ist neue Turbinenkapazität bei GE Vernova, Siemens Energy und Mitsubishi Power frühestens Ende 2028 verfügbar, und Baker Hughes ist mit seinen NovaLT-Turbinen bis 2028 ausverkauft. Rolls-Royce Power Systems steigerte den Auftragseingang 2025 um 21 Prozent auf 7,14 Milliarden Euro, getragen vor allem von der Energieversorgung für Rechenzentren und vom Verteidigungsgeschäft, und baut seine Werke in Friedrichshafen und Mankato aus (Mitteilung vom 27. Februar 2026). INNIO erhielt im Oktober 2025 mit 2,3 Gigawatt Jenbacher-Leistung für Rechenzentren von VoltaGrid den größten Auftrag seiner Firmengeschichte (Mitteilung vom 21. Oktober 2025).

Für die Rechenzentren entstehen dabei Kraftwerke in einer neuen Dichte. Das Projekt von Wärtsilä mit 412 Megawatt umfasst 40 Gasmotoren vom Typ 34SG, für den Monarch-Campus in West Virginia sind 2 Gigawatt mit Caterpillar-Motoren der Baureihe G3500 vorgesehen, PROENERGY liefert für Crusoe 13 Gasturbinensätze mit zusammen 650 Megawatt, und INNIO hat mit Rehlko einen Rahmenvertrag über 1,25 Gigawatt Jenbacher-Leistung geschlossen (Power Engineering). Weltweit sind rund 11.600 Rechenzentren in Betrieb (Voronoi, Juni 2026), und immer mehr von ihnen erzeugen ihren Strom vor Ort, weil der Netzausbau nicht Schritt hält. Ein Standort mit 40 Motoren hat 40 gedämmte Abgasstrecken, die im selben Rhythmus gewartet werden.

Diese Maschinen werden, wie seit Jahrzehnten, mit Dämmstoffen ausgerüstet, die basische Oxide enthalten. Jede von ihnen wird über ihre gesamte Nutzungsdauer gewartet, und bei jeder Wartung wird die Dämmung geöffnet. Was in diesen Jahren ausgeliefert wird, bildet den Bestand, an dem noch lange nach dem kommenden Verwendungsverbot gearbeitet wird. Auch das hat eine Parallele. In Deutschland wurde Asbest besonders in den Gebäuden der 1960er- und 1970er-Jahre verbaut (Umweltbundesamt), und weltweit ging der Verbrauch erst Ende der 1970er-Jahre zurück (USGS). Was in den Jahren des größten Bedarfs eingebaut wurde, beschäftigt die Sanierung bis heute.

Kessel und Verbrennungsanlagen

In den letzten Monaten geraten Kessel in den Blick. Oft ist es die Abdeckmatte auf einem chromhaltigen Gehäuse oder die calciumhaltige Dichtschnur an der chromlegierten Tür zum Brennraum, an der sich Chromat bilden kann. Die Dichtschnüre an Kessel- und Ofentüren bestanden früher aus Asbest. Ersetzt wurde auch hier die Faser, und ihr Ersatz kann heute selbst der Reaktionspartner sein.

In Müllverbrennungsanlagen kommt ein zweiter Bildungsweg hinzu, der mit der Dämmung nichts zu tun hat. Das Chrom gelangt mit dem Abfall in die Verbrennung, kann dort zu Chromat oxidiert werden und findet sich in den Aschen wieder. Francesca Paoletti hat diesen Bildungsweg in ihrer Karlsruher Dissertation untersucht (FZKA 6755, 2002). Für den Beschäftigten, der einen Kessel reinigt oder seine Dämmung öffnet, ist es derselbe Staub. Weltweit sind über 3.100 Abfallverbrennungsanlagen in Betrieb (ecoprog, März 2026).

Schiffe und Yachten

Die Handelsflotte umfasste am 1. Januar 2025 rund 112.500 Schiffe ab 100 Bruttoraumzahl (UNCTAD), und hinzu kommen Yachten, Fähren und Behördenschiffe. Messungen und Untersuchungen der letzten Monate zeigen in fast jedem untersuchten Motorraum von Schiffen eine Chromatbelastung, insbesondere auch auf Yachten und Superyachten. Zum Teil haben sich die Stäube über den gesamten Motorraum verteilt und sind dort über die Haut zugänglich. Die Messungen zeigen auch, dass die Chromate aus den Motorräumen verschleppt werden, denn in Kabinen und im Kommandobereich wurden Chromatablagerungen auf Böden, Schreibtischen und Bürostühlen nachgewiesen. Auf einem Schiff wohnt die Besatzung dort, wo sie arbeitet.

Zugleich warnen Lieferanten von Abgasnachbehandlungssystemen für Schiffe und Yachten. Die finnische Proventia Oy beschreibt im Information Bulletin 2/2025 „Hexavalent Chromium (Cr(VI)) Awareness and Safety Guidance" die Bildung von Calciumchromat an Abgasanlagen aus Edelstahl im Kontakt mit calciumhaltigen Isoliermatten und Montagepasten oberhalb von 300 °C. Die schweizerische HUG Engineering AG weist ihre Kunden in einer „Chromium (VI) Precautionary Notice" auf die Chromatbildung an gedämmten Abgasanlagen aus Edelstahl hin, und ihre Servicetechniker können vor Arbeitsbeginn einen Schnelltest durchführen und die Wartung verschieben, wenn sich eine Belastung bestätigt.

Auch bei Asbest waren Schiffe ein Schwerpunkt. Seit dem 1. Januar 2011 untersagt das internationale Übereinkommen zum Schutz des menschlichen Lebens auf See den Neueinbau asbesthaltiger Materialien auf allen Schiffen ohne Ausnahme (IMO), und der Bestand an Bord beschäftigt die Reedereien bis heute.

Fahrzeuge und Schienenfahrzeuge

Nach der letzten veröffentlichten Gesamterhebung des Herstellerverbands OICA waren weltweit mehr als 1,2 Milliarden Kraftfahrzeuge im Einsatz (OICA). Jedes Hitzeschild ist Hochtemperaturdämmung, und an Abgaskrümmern, Turboladern und Abgasnachbehandlung treffen chromlegierter Stahl und Dämmung zusammen. Nicht jeder Kleinwagen ist mit Hitzeschilden aus Glasfasernadelmatten ausgerüstet. Bei Transportern und Lastkraftwagen, vor allem bei denen mit Abgasnachbehandlung, gehe ich davon aus, dass es mehr als die Hälfte ist. In der Europäischen Union sind das bei rund 31 Millionen Transportern und 6,2 Millionen Lastkraftwagen (ACEA) mehr als 18 Millionen Fahrzeuge, ohne Busse, Baumaschinen und Landmaschinen. An Personenwagen dreier Hersteller von zwei Kontinenten habe ich Chrom(VI) auch an kalten, frei zugänglichen Flächen des Motorraums abseits der Heißteile nachgewiesen. Die deutsche BG Verkehr nennt Fahrzeuge unter den betroffenen Bereichen ausdrücklich, und gewartet werden sie in Vertragswerkstätten und freien Betrieben in aller Welt.

Dasselbe gilt für Schienenfahrzeuge. Allein in Nordamerika waren Ende 2024 rund 37.700 Lokomotiven im Einsatz, überwiegend dieselelektrisch (Railway Age über Rolling Stock World), und Dieseltriebwagen und

Rangierlokomotiven fahren auf allen Kontinenten. Auch Schienenfahrzeuge mussten nach dem Asbestausstieg aufwendig saniert werden.

Luftfahrt

Auch die Triebwerke von Flugzeugen sind mit Dämmstoffen ummantelt, die basische Oxide enthalten. Die weltweite Verkehrsflotte umfasste im Juni 2025 35.550 Flugzeuge, von denen 30.300 im aktiven Einsatz standen (IATA). In der Luftfahrt kennt man Chromate seit Jahrzehnten aus Korrosionsschutzgrundierungen, die bewusst eingesetzt werden. Die Bildung an der Triebwerksdämmung ist davon unabhängig und eine eigene Quelle, die bei jeder Überholung in den Triebwerkswerkstätten freigelegt werden kann. Gerade hier greift der Sammelbegriff, von dem im Befund die Rede war, denn wer in der Luftfahrt Chrom(VI) hört, denkt an die Grundierung.

Ausgemusterte Bauteile

Mit dem Ende seiner Nutzung ist ein Bauteil nicht aus der Welt. Partikelfilter werden gereinigt und aufbereitet. Der dänische Hersteller Dinex bietet Betreibern von Lastkraftwagen- und Busflotten einen Tausch an, bei dem der gebrauchte Filter zurückgeschickt, aufbereitet und als „reconditioned unit" mit Typgenehmigung wieder ausgeliefert wird (Dinex, November 2025). Ein Bauteil, an dem sich Chromat gebildet haben kann, geht damit zurück in den Betrieb, und genau diesen Wiedereinbau beschreibt das Kapitel „Das Recht holt auf" als Verwendung.

Katalysatoren und SCR-Einheiten werden zur Rückgewinnung der Edelmetalle geöffnet und entmantelt. In der Europäischen Union erreichen jährlich rund 6,5 Millionen Fahrzeuge das Ende ihrer Nutzung (Europäisches Parlament), und ihre Abgasanlagen gehen als Metallschrott oder Gebrauchtteil durch weitere Hände. Ob die Hinweise der Hersteller diejenigen erreichen, die sie zerlegen, sortieren oder wieder einbauen, ist die Frage aus dem Kapitel über die Hersteller. Auch bei Asbest steckte die Gefahr nicht nur in den großen Anlagen. Bremsbeläge und Kupplungsscheiben wurden tausendfach in Werkstätten gewechselt, und Abrieb und Altteile gingen lange ungeregelt ihren Weg.

7. Das Dilemma der Motoren- und Dämmstoffhersteller

Jede ausgelieferte Anlage bleibt im Feld, und mit ihr die Dämmung, mit der sie das Werk verlassen hat. Ein Hersteller, der heute auf einen Dämmstoff ohne basische Oxide umstellt, beantwortet damit eine Frage für die neuen Anlagen und lässt sie für die alten offen. Die Betreiber der ausgelieferten Anlagen werden wissen wollen, warum ihre Anlage noch mit dem alten Material läuft, ob sie nachgerüstet wird und wer das bezahlt. Der Prospekt von INNIO beschreibt, was ein Konstruktionsfehler auslösen kann, nämlich einen großen Rückruf im Feld. Bei Motoren, die über 20 Jahre laufen, reicht diese Frage weit in die Zukunft.

Dazu kommt eine Last, die sich die Hersteller selbst auferlegt haben. Sie berichten über Nachhaltigkeit, Arbeitssicherheit und Gesundheit. Nach den europäischen Berichtsstandards gehören dazu auch die Arbeitskräfte in der Wertschöpfungskette (ESRS S2), also die Servicetechniker, Werkstätten und Aufbereiter, die die Dämmung öffnen. Auch die Kreislaufwirtschaft hat hier eine Kehrseite. Programme wie Cat Reman oder die mtu Reman Technology Centres von Rolls-Royce Power Systems in Deutschland und den Vereinigten Staaten nehmen gebrauchte Motoren und Komponenten zurück, bereiten sie auf und bringen sie wieder in den Betrieb (Caterpillar, Rolls-Royce). Ob dabei berücksichtigt wird, dass sich an diesen Bauteilen Chromat gebildet haben kann, ist eine Frage an die Programme selbst.

Die Energieerzeugung selbst entwickelt sich dabei laufend weiter. Jede Motoren- und Turbinengeneration bringt mehr Leistung und einen höheren Wirkungsgrad, die Emissionsgrenzwerte werden enger, und die

Abgasnachbehandlung verlangt, dass die Wärme im Abgas bleibt, bis es den Katalysator erreicht. Die Dämmung ist damit Teil der Emissionsminderung geworden. Das Dämmelement selbst hat diese Entwicklung kaum mitgemacht. Auf hochoptimierten Maschinen sitzt bis heute ein Werkstoffkonzept aus den 1970er-Jahren, das seither vor allem unter Faserfragen bewertet wurde. Optimiert wird alles, woran man die Leistung einer Anlage misst, und die Dämmung misst niemand, solange sie die Wärme hält.

Die Ironie liegt darin, dass ein Dämmstoff im Lieferzustand allen geltenden Anforderungen entsprechen und unter Betriebsbedingungen trotzdem zur Bildung von Chrom(VI)-Verbindungen beitragen kann. Die Dämmstoffe sind freigezeichnet, und freigezeichnet wurden sie wegen ihres Gehalts an basischen Oxiden, also wegen genau des Bestandteils, der auf chromlegiertem Stahl das Chromat bildet. Die Sicherheitsdatenblätter beschreiben den Lieferzustand vollständig und richtig. Auch jede Herstellermitteilung zur Chromatbildung ist Compliance, und jede dokumentiert zugleich, seit wann das Unternehmen den Bildungsweg kennt. Je gewissenhafter ein Unternehmen warnt, desto genauer belegt es seinen Kenntnisstand, und solange der Dämmstoff bleibt, verlängert jede Warnung die Strecke, für die es sich erklären muss.

Die Dämmstoffhersteller sitzen in einer Zutatenfalle. Die basischen Oxide sind in ihren Produkten keine Verunreinigung. Steinwolle wird aus basaltischem Gestein und Zuschlägen erschmolzen, die Calcium- und Magnesiumoxid mitbringen, Glaswolle braucht Natriumoxid als Flussmittel, und Calciumsilikat trägt den Stoff schon im Namen. Die Biolöslichkeit, auf der die Freizeichnung beruht, hängt an denselben Oxiden. Wer sie herausnimmt, verlässt seine Produktfamilie und die Grundlage ihrer Einstufung. Die Motorenhersteller werden den Ersatz deshalb kaum beim bisherigen Lieferanten finden.

Ein neues Geschäftsfeld verschärft die Frage. Die Dämmstoffhersteller nehmen Mineralwolle zurück und führen sie in die Produktion zurück. ROCKWOOL betreibt mit Rockcycle ein Rücknahmesystem in 25 Ländern und sammelt Steinwolle von Bau-, Renovierungs- und Abbruchstellen. In mehreren Werken wird saubere Steinwolle dabei ohne erneutes Schmelzen direkt in die Produktion gegeben (ROCKWOOL). ISOVER führt in Deutschland Verschnitt aus Neudämmstoffen über seinen Service EASY-ECO zurück, Rückbauabfälle mit dem Abfallschlüssel 17 06 03* dürfen dagegen nicht recycelt werden (ISOVER, Juli 2025). In den Niederlanden nimmt die Annahmestelle von Renewi für Rockcycle keine Steinwolle mit chemischer Verunreinigung an (Renewi, 2025). Ob auch Mineralwolle aus industriellen Hochtemperaturdämmungen zurückgeführt wird, ist aus den Unterlagen nicht ersichtlich. Die Ausschlüsse greifen nur, wenn jemand die Verunreinigung kennt, und eine Chromatbelastung sieht man der Wolle nicht an. Was mit dem Chromat geschieht, wenn belastete Wolle in die Produktion zurückgeht, behandelt keine der Unterlagen.

Gleichzeitig dreht sich das Hamsterrad immer schneller. Die Auftragsbücher sind voll, Liefertermine reichen bis 2030, und jede Woche verlassen Anlagen mit demselben Dämmstoff die Werke. Eine Umstellung verlangt Erprobung, Freigaben und neue Lieferketten, und sie braucht Zeit, die bei dieser Auftragslage niemand zu haben glaubt. Jede ausgelieferte Anlage vergrößert aber den Bestand, den eine spätere Umstellung in Frage stellt. Je länger gewartet wird, desto teurer wird der Schritt, und desto größer wird der Anreiz, ihn weiter aufzuschieben.

Das Momentum dafür hat es gegeben. Die ersten Herstellermitteilungen stammen vom November 2020, im Mai 2026 kam die deutsche TRGS 561, im Juni 2026 der Börsengang von INNIO. Jeder dieser Zeitpunkte hätte sich für eine Umstellung angeboten, die man als Fortschritt hätte vorstellen können. Wer heute umstellt, tut es noch aus eigenem Entschluss. Nach einem Beschluss zu Anhang XVII tut er es, weil er muss. Wer zuerst umstellt, setzt zudem den Maßstab, an dem die anderen gemessen werden. Die Asbesthersteller haben den Zeitpunkt verpasst, an dem sie den Ausstieg selbst hätten gestalten können, und am Ende haben ihn Gesetzgeber und Gerichte gestaltet.

8. Das Recht holt auf

Das Regelwerk hat begonnen, den Sachverhalt zu erfassen. Die deutsche TRGS 561 tut es seit Mai 2026, und die Richtlinie (EU) 2026/2450 ordnet persönliche Schutzausrüstung bei Karzinogenen ausdrücklich als letztes Mittel ein. Für Natriumchromat gilt bereits seit Jahren eine strengere Regel. Seit dem 21. September 2017 darf es in der Europäischen Union ohne Zulassung nicht mehr verwendet werden, und es kann überall dort entstehen, wo Mineralwolle auf chromlegierten Heißteilen liegt, weil Mineralwolle Natriumoxid enthält. Solange die Anlage läuft, ist die Dämmung ein Erzeugnis. Mit dem Öffnen liegen chromathaltige Stäube und Fasern frei vor, und das Lagern, das Behandeln und der Wiedereinbau sind Verwendungen im Sinne der REACH-Verordnung. Eine Zulassung dafür hat niemand beantragt. Die Herstellerhinweise setzen drei Jahre nach dem Ablauftermin ein, und keiner von ihnen nennt Anhang XIV. Die Hersteller müssen sich fragen lassen, ob sie diese Verknüpfung hätten sehen müssen. Die Einzelheiten stehen im Werk „Das übersehene Verwendungsverbot".

Ein Chrom(VI)-Nachweis sagt für sich genommen nicht, welche Chromatverbindungen im Einzelnen vorliegen. Für den Betreiber ist das kein Grund, die Weiterverwendung chromatbelasteter Dämmungen als unproblematisch anzusehen. Unabhängig vom Ausgang des europäischen Beschränkungsverfahrens gelten die Arbeitsschutzanforderungen bereits heute, und der Bildungsweg gehört in die Substitutionsprüfung.

Im April 2025 hat die Europäische Chemikalienagentur vorgeschlagen, fast alle Chrom(VI)-Verbindungen nach Anhang XVII der REACH-Verordnung zu beschränken. Das ist derselbe Anhang, in dem unter Eintrag 6 die Asbestfasern stehen. Nur eine geschlossene Liste industrieller Verwendungen soll zulässig bleiben, und die Wartung gedämmter Heißteile steht nicht darauf. Der Bericht der Agentur rechnet mit einem Inkrafttreten im Jahr 2028. Da das Verfahren in den letzten Zügen liegt und das meiste definiert ist, halte ich einen Beschluss in der ersten Jahreshälfte 2027 für realistisch, und mit der vorgesehenen Übergangsfrist von 18 Monaten endet die Frist dann in der zweiten Jahreshälfte 2028. Eine Dämmung, die heute eingebaut wird, liegt dann noch in der Anlage.

9. Die Entscheidung von heute

Die Substitutionspflicht nach Artikel 4 der europäischen Richtlinie 2004/37/EG hängt nicht am Beschränkungsverfahren. Sie gilt heute, sie knüpft an die Einstufung als krebserzeugend an und trifft Calcium- und Natriumchromat gleichermaßen. Die Richtlinie (EU) 2026/2450 stellt zudem ausdrücklich klar, dass persönliche Schutzausrüstung erst nach Substitution, technischen und organisatorischen Maßnahmen in Betracht kommt, und gibt den vorrangigen Maßnahmen, allen voran der Substitution, damit noch größeres Gewicht. Substituiert wird dabei das Material, das zur Bildung der krebserzeugenden Chrom(VI)-Verbindungen führen kann, also der alkali- und erdalkalimetalloxidhaltige Dämmstoff. Das entstandene Chromat selbst lässt sich nicht ersetzen, weil es niemand einsetzt.

Hochtemperaturdämmstoffe ohne Alkali- und Erdalkalimetalloxide sind verfügbar. Sie vermeiden den Bildungsweg, ohne bei Temperaturbeständigkeit und Standzeit zurückzustehen. Die Geschichte des Asbests endete in Anhang XVII der REACH-Verordnung, unter Eintrag 6, und die Chrom(VI)-Verbindungen sind auf dem Weg in denselben Anhang. Ob sich die Geschichte in der Hochtemperaturdämmung bis dorthin wiederholt, entscheidet sich vorher, in den Beschaffungen, die heute laufen.

Die Belege zu allen Aussagen dieser Broschüre stehen in den Fachanalysen „Die übersehene Zutat" und „Das übersehene Verwendungsverbot" auf www.cr6.info sowie, für die Richtlinie (EU) 2026/2450, in der Regelwerksanalyse „Persönliche Schutzausrüstung als letztes Mittel".

Versionsverlauf

Version	Datum	Änderung
0.1	November 2026	Erste Fassung (Entwurf zur Abstimmung)
0.2	November 2026	Kapitel „Die globale Dimension" neu gegliedert: Kraftwerke und Blockheizkraftwerke, Rechenzentren, Kessel und Verbrennungsanlagen, Schiffe und Yachten, Fahrzeuge und Schienenfahrzeuge, Luftfahrt, ausgemusterte Bauteile
0.3	November 2026	Neues Kapitel „Das Dilemma der Motoren- und Dämmstoffhersteller"
0.4	November 2026	Lektoratskorrekturen: Zeitplan des Beschränkungsverfahrens, Lieferzustand der Dämmstoffe, Herleitung der Wartungsanlässe, untersuchte Motorräume, Seitenumbrüche
1.0	November 2026	Erste veröffentlichte Fassung