De geschiedenis herhaalt zich

Chroom(VI) in hogetemperatuurisolatie en de parallellen met asbest

door Markus Sommer, chromaatexpert, De Chromaatexperts
Długołęka, november 2026
Versie 1.0 · november 2026

Voorwoord

Mijn vader begon in 1988 als zelfstandig fabrikant van textiele isolatie. Drie jaar later overleed hij op 59-jarige leeftijd aan asbestose. Met asbest zelf had hij nooit rechtstreeks gewerkt, wel in ruimten waar vroeger asbestisolatiematten waren gemaakt en die niemand had gesaneerd.

Sinds 2019 houd ik mij bezig met de vorming van chroom(VI)-verbindingen op geïsoleerde hete onderdelen, en hoe langer ik mij ermee bezighoud, hoe vaker ik patronen tegenkom die ik ken uit de geschiedenis van asbest. Een materiaal geldt als veilig. Waarschuwingen liggen al vroeg op tafel en worden in twijfel getrokken of als onbelangrijk afgedaan. Het duidelijkst wordt het gevaar bij onderhoud en demontage, en de gevolgen tonen zich vaak pas tientallen jaren later.

Na "Het over het hoofd geziene ingrediënt" en "Het over het hoofd geziene gebruiksverbod" is dit mijn derde werk over dit onderwerp. De eerste twee onderbouwen de feiten chemisch en juridisch, en hun bronnen staan op www.cr6.info. Dit werk beschrijft wat deze feiten op dit moment teweegbrengen bij de bedrijven die installaties bouwen en exploiteren, en bij de mensen die ze onderhouden. Een eigen hoofdstuk is gewijd aan de autoriteiten die toezicht houden, een ander aan de vraag wat de kwestie buiten Europa betekent. De vergelijking met asbest loopt door elk hoofdstuk.

Sinds wanneer kun je het niet meer niet weten?

1. De bevindingen

Hogetemperatuurisolatiematerialen bevatten basische oxiden, vooral calcium- en natriumoxide, die zelf niet als kankerverwekkend zijn ingedeeld. Boven ongeveer 300 °C kunnen zij met de chroomoxidelaag van chroomgelegeerde hete onderdelen reageren tot calcium- en natriumchromaat, twee kankerverwekkende chroom(VI)-verbindingen. In de leveringstoestand is er geen chromaat aanwezig. Het kan pas tijdens bedrijf ontstaan op het grensvlak tussen isolatie en onderdeel, en het kan na een reiniging opnieuw ontstaan.

In tegenstelling tot een wijdverbreide opvatting in de markt laat chroom(VI) zich niet neutraliseren. Hooguit is reductie tot chroom(III)-verbindingen mogelijk, en ook die lukt het betrouwbaarst in het laboratorium en aan technische installaties slechts beperkt. De laboratoriumrapporten die graag als gecertificeerd bewijs van werkzaamheid worden aangevoerd, beschrijven deze grenzen zelf. Ze worden zelden gelezen, want wie zo'n middel zoekt, wenst begrijpelijkerwijs een oplossing die hem de voorgeschreven maatregelen bespaart. Wie op de grenzen wijst, geldt al snel als het zwarte schaap, en dat is nog een van de onschuldiger benamingen die met mijn naam worden verbonden.

Of en waar chromaat ontstaat, hangt af van de omstandigheden ter plaatse. De Duitse TRGS 561 noemt als beïnvloedende factoren onder meer de temperatuur, het chroomgehalte van de legering, oxiden uit isolatiematerialen of montagepasta's, zuurstof en vocht. Dat zich aan een installatie tot nu toe geen chromaat heeft vertoond, is daarom geen garantie dat de vorming morgen niet begint. Getroffen kan elke installatie zijn waar chroomgelegeerd staal, een basisch-oxidisch isolatiemateriaal, zuurstof en temperatuur samenkomen, dus gas- en dieselmotoren, WKK-installaties, gas- en stoomturbines, leidingen in centrales, ketels, scheepsmotoren, voertuigen, locomotieven, vliegtuigmotoren en bouwmachines. Minerale wol, calciumsilicaat, E-glasproducten en AES-wol bevatten deze oxiden, en zij vormen de standaard van de huidige hogetemperatuurisolatie.

Vrijkomen

Heeft zich chromaat gevormd, dan komt het vrij zodra de isolatie wordt geopend, bij onderhoud, revisie, reiniging, demontage en ontmanteling. Het is dan aanwezig als poeder en als chromaathoudend stof en verlaat de werkplek via gereedschap, kleding, handschoenen en gedemonteerde onderdelen. Ook tijdens normaal bedrijf is vrijkomen mogelijk. Tussen het hete onderdeel en de koelere omgeving bestaat een voortdurend temperatuurverschil. De lucht in de poreuze isolatie warmt op, zet uit en treedt naar buiten bij voegen, naden en bevestigingen, bij het afkoelen zuigt de isolatie weer omgevingslucht aan, en de trillingen van de machine komen daar nog bij. Met deze luchtbewegingen kan gevormd chromaatstof naar buiten worden gedragen.

Luchtmetingen leggen dit stof niet betrouwbaar vast, omdat het zich niet gelijkmatig in de ruimte verdeelt, en zo leidt een onopvallende luchtmeting gemakkelijk tot een verkeerde inschatting. Wat vrijkomt en opwervelt, zet zich later ergens af, vaak waar men het niet verwacht, en stof in een ruimte valt niet te beheersen. Veegmonsters hebben chromaten ook op lichtschakelaars en kabelgoten aangetoond, dus in zones die niet rechtstreeks met de isolatie samenhangen. Wat zich op installatiedelen afzet, komt op de vloer terecht, en van daaruit dragen kleding en vooral schoeisel de deeltjes de werkplek uit, naar andere bedrijfsonderdelen en uiteindelijk naar huis. Ook bij asbest werden gezinsleden ziek die nooit aan een installatie hadden gewerkt, bijvoorbeeld omdat zij de werkkleding hadden uitgeklopt en gewassen. Paniekzaaierij is dat niet. Op zichzelf zijn de hoeveelheden klein, maar voor een schadelijke werking op gezondheid en milieu zijn geen grote hoeveelheden nodig. Hoeveel deeltjes er al schuilgaan achter een voor het oog nauwelijks waarneembare microgram, ook in vergelijking met asbest, laat de paragraaf "Dat beetje stof" in het hoofdstuk over de werknemers zien.

Ook asbest was in ingebouwde toestand in veel gevallen onopvallend en werd gevaarlijk wanneer het werd bewerkt, beschadigd of verwijderd. Met de chromaten onder de isolatie is het vergelijkbaar. Het gevaar zit in het

bestand, en het treft in de eerste plaats de mensen die aan de installaties werken, minder degenen die ze exploiteren.

Wat na de asbestuitfasering bleef

Op de bouwplaats sprak men van asbest zonder onderscheid te maken tussen chrysotiel, amosiet en crocidoliet. Dat had weinig gevolgen, omdat elk van deze mineralen een vezel was. Met het begrip "chroom(VI)" is het vergelijkbaar, maar met één beslissend verschil. Wie het hoort, denkt aan chroomzuur, galvanotechniek en chromaathoudende primers, dus aan stoffen die hij zelf niet gebruikt. Calcium- en natriumchromaat als reactieproducten van het eigen bedrijf komen in dit beeld niet voor, en zo heeft de verzamelterm decennialang verhinderd dat naar de reactiepartner werd gevraagd.

De uitfasering van asbest was dwingend en juist. Vervangen werd daarbij de vezel, terwijl de basisch-oxidische chemie van de isolatiesystemen bleef. Calciumsilicaat behoorde al in de asbesttijd tot dezelfde markt, Johns-Manville prees zijn product Thermobestos uitdrukkelijk aan als "calcium silicate insulation", en minerale wol werd al in de jaren 1940 vermengd met asbest verwerkt. Op chroomgelegeerde hete onderdelen bleven de voorwaarden voor chromaatvorming daarmee bestaan. "Asbestvrij" zegt niets over de vraag of een isolatiemateriaal bijdraagt aan chromaatvorming.

Met de vervanging van de asbestisolatiematerialen ontstond in de isolatietechniek een standaard die tot op vandaag stand houdt. De motoren- en energietechniek heeft zich sindsdien vele malen verder ontwikkeld, maar op het motoronderdeel zit uiteindelijk nog altijd een isolatie-element waarvan de technische oorsprong in de jaren 1970 ligt en dat sindsdien nauwelijks is veranderd. Ik werk sinds 1988 in de hogetemperatuurisolatie en heb deze ontwikkeling van binnenuit meegemaakt. De hogetemperatuur-isolatietechniek is een bijzonder innovatietraag gebied, waarin niet meer ter discussie werd gesteld wat na asbest als oplossing gold. Ook asbest was decennialang de onbetwiste standaard van de warmte-isolatie, zolang het zijn technische doel vervulde.

2. De fabrikanten

Fabrikanten van motoren, turbines en isolatiematerialen kennen de vormingsroute. Sinds november 2020 hebben Wärtsilä, Caterpillar, Rolls-Royce, MAN, Mercedes-Benz, Proventia, Frenzelit en Rockwool eigen mededelingen hierover uitgegeven. INNIO Jenbacher regelt de werkzaamheden aan zijn gasmotoren sinds 31 mei 2023 in de technische instructie TA 2300-0025 "Toepassing van de Cr-6-reductieoplossing", die gericht is aan klanten, verkoop- en servicepartners, en MAN heeft calciumchromaat op gebruikte motoronderdelen in eigen analyses aangetoond.

Bij asbest lagen de eerste betrouwbare aanwijzingen tientallen jaren vóór het verbod op tafel, en bij de chromaten is het niet anders. Het Amerikaanse octrooi van Udy beschrijft in 1939 de gerichte productie van calciumchromaat uit een chroombron, kalk en luchtzuurstof. In april 1990 waarschuwde Babcock & Wilcox de exploitanten van ketels in het Plant Service Bulletin PSB-43 voor chroom(VI) uit chroomhoudend vuurvast materiaal, en in 1994 breidde het bedrijf de waarschuwing uit naar andere chroomhoudende materialen, waaronder isolatiematerialen en textiel. Toshiba beschreef in 2010 in een octrooiaanvraag precies het grensvlak tussen roestvast staal en calciumhoudende warmte-isolatie en stelde een scheidingslaag als oplossing voor, en in 2015 toonden Japanse onderzoekers calcium- en natriumchromaat op dit grensvlak rechtstreeks aan.

De aanwijzingen werden in twijfel getrokken, als onbelangrijk afgedaan of aan andere oorzaken toegeschreven. Gele stoffen en resten hield men vanwege hun kleur voor zwavel, en waar dat niet paste, golden ze als gevolg van een coating of van de legering. Toen in 1994 chroomhoudende isolatieproducten werden uitgefaseerd, bleef de reactiepartner calcium in de vervangende producten behouden. Het gele poeder bleef verschijnen en gold nu als onvermijdelijk.

De huidige mededelingen van de fabrikanten regelen de arbeidsveiligheid op het moment van de werkzaamheden. Ze schrijven beschermingsmiddelen voor, verbieden perslucht en borstels en bevelen soms een behandeling met reductieoplossingen aan. Wärtsilä eist calciumvrije montagepasta's, Proventia beveelt ze aan. Dezelfde stap voor het isolatiemateriaal zelf heeft nog geen marktleidende fabrikant aangekondigd. De vraag ligt voor de hand of de omgang wordt geregeld en het materiaal blijft, omdat een wisseling van isolatiemateriaal vragen zou oproepen over alle reeds geleverde installaties. De asbestindustrie heeft deze weg voorgetekend. Toen de gezondheidsgevolgen niet meer te ontkennen waren, pleitte zij decennialang voor de gecontroleerde omgang met chrysotiel, en beschermingsmaatregelen moesten het materiaal bruikbaar houden. Dat de fabrikanten de gezondheidsgevolgen al sinds de jaren 1930 kenden, bleek in de Verenigde Staten later uit de documenten die in de asbestprocessen werden overgelegd.

Daarbij hanteert elk bedrijf zijn eigen waarneming van het probleem. Waar sneltests zijn voorzien, worden ze als betrouwbaar voorgesteld, hoewel ze slechts beperkt betrouwbaar zijn en hun zeggingskracht dienovereenkomstig beperkt is. Ook chemisch is de beoordeling begrensd. De sneltests met wattenstaafjes zijn ontworpen voor een oppervlak van één vierkante centimeter, en een eenmaal bestreken oppervlak is niet meer geschikt voor een tweede test, omdat het oppervlak dan chemisch is behandeld. Een negatief resultaat sluit een chroom(VI)-belasting daarom niet uit. Een Franse veldstudie vond op de turbocompressor van een motor 869 ng chroom(VI) in het laboratorium, terwijl de sneltest op dezelfde plek negatief bleef. Veel blijft halfslachtig, en ook dat kent men uit de asbesttijd, waarin grenswaarden en metingen de omgang beheersbaar deden lijken.

Voor de fabrikanten volgen daaruit vragen die zij zichzelf zouden moeten stellen, namelijk of hun aanwijzingen iedereen bereiken die aan de installaties werkt, ook de vrije werkplaatsen, reviseerbedrijven en verwerkers, of hun veiligheidsinformatie de toestand van het product na gebruik beschrijft of alleen de leveringstoestand, en welk isolatiemateriaal zij vandaag leveren bij nieuwe installaties waarvan de levensduur ver voorbij het komende gebruiksverbod reikt.

3. De exploitanten

Aan de kant van de exploitanten kan chromaatvorming in principe elke installatie treffen die na de asbestuitfasering met de vervangende isolatiematerialen is uitgerust, voor zover temperatuur, materiaal en bedrijfsomstandigheden samenkomen. De branche heeft op deze materialen ingezet. Of men gezien de waarschuwingen sinds 1990 niet had moeten zien waarop men inzette, is de vraag die zich stelt.

Duizenden installaties zijn geleverd en in bedrijf, en nieuwe worden in deze weken met dezelfde isolatiematerialen uitgerust. De orderportefeuille is goed gevuld, de termijnen zijn krap, en het servicepersoneel werkt al jaren aan deze installaties zonder over chromaatvorming te zijn geïnformeerd en ertegen te zijn beschermd. Wie onder deze omstandigheden de eigenlijk noodzakelijke stappen zet, roept vragen op die ver over vandaag heen reiken, bijvoorbeeld sinds wanneer de feiten bekend zijn, welke werknemers in een blootstellingsregister hadden moeten worden opgenomen, of arbeidsgeneeskundig onderzoek werd aangeboden en wat er gebeurt met de installaties die al bij de klant staan en met de vervangingsonderdelen in het magazijn.

Deze vragen worden in de hoofden van de verantwoordelijken gesteld, lang voordat ze ergens worden uitgesproken, en het ligt voor de hand dat ze de eerste stap vertragen. Wie niets verandert, hoeft niets uit te leggen, zo lijkt het tenminste, en ook dat kent men uit de geschiedenis van asbest. De rekening klopt echter niet. In Duitsland, Nederland, het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten zijn boetes en straffen gekoppeld aan de ontbrekende risicobeoordeling en de ontbrekende beschermingsmaatregelen, en niet aan opgetreden gezondheidsschade. Elk volgend onderhoud zonder beoordeling is een volgend geval van deze aard, en in Duitsland komt daar het verhaal van de ongevallenverzekeraar bij, wanneer een verzekerd voorval door grove nalatigheid is veroorzaakt. De vraag sinds wanneer men het wist, wordt met elk jaar moeilijker te beantwoorden.

Niets doen is ook een beslissing. Ze wordt bij elk onderhoud opnieuw genomen, en elke keer opent iemand onbeschermd een isolatie waaronder zich chromaat kan hebben gevormd. De eerste stap beëindigt deze toestand, en hoe later hij komt, hoe langer de periode waarover het bedrijf zich moet verantwoorden.

De economisch grootste vraag betreft het bestand. In Duitsland is de exploitant de opdrachtgever van de werkzaamheden aan zijn installatie en moet hij het uitvoerende bedrijf volgens § 5a van de Duitse Gefahrstoffverordnung vóór aanvang alle bij hem beschikbare informatie over aanwezige of vermoede gevaarlijke stoffen ter beschikking stellen. De modelbedrijfsinstructie van de Duitse BG BAU schrijft voor dat gedemonteerde minerale-wolproducten niet opnieuw mogen worden gebruikt, en een isolatie-element dat na het eerste onderhoud moet worden afgevoerd, haalt de levensduur niet waarmee het werd aangeschaft. Gebouweigenaren kennen deze situatie uit de asbestgeschiedenis. Asbest in het bestand was lang bekend voordat de sanering op gang kwam, en de sanering van het gebouwenbestand duurt tot op vandaag voort. De plicht van de opdrachtgever volgens § 5a werd in 2024 vooral met het oog op dit asbestbestand ingevoerd. Voor geïsoleerde hete onderdelen geldt zij evenzeer.

4. De werknemers

Het risico dragen de mensen die de isolatie openen. Voor hen is het gele poeder op uitlaatspruitstukken, turbocompressoren en flenzen al jaren dagelijkse kost. Het gold als zwavel, werd met poetsdoeken en sprays verwijderd, en de isolatie werd weer aangebracht. Velen horen pas nu dat zij met kankerverwekkende chromaten hebben gewerkt, en vragen zich af hoe vaak en hoe lang.

Bij asbest bleken de gevolgen het eerst bij de isoleerders. Irving Selikoff toonde in 1964 bij de leden van de isoleerdersvakbond in New York en New Jersey een opeenhoping van longkanker en mesothelioom aan. Getroffen werden echter ook degenen die alleen in de buurt werkten, zoals mijn vader. Tussen blootstelling en ziekte liggen bij chroom(VI), net als bij asbest, jaren tot tientallen jaren, en wie vandaag onbeschermd een isolatie opent, merkt de gevolgen niet morgen.

Voor asbest bestaat een gesloten procedure. In de hele EU moeten asbestwerkzaamheden vooraf bij de autoriteit worden gemeld, en het personeel moet speciaal zijn opgeleid. In Duitsland is bovendien een bewijs van vakbekwaamheid nodig, worden zones afgeschermd en eindigen de beschermingsmaatregelen pas na een vrijgavemeting, en in Nederland mogen alleen gecertificeerde bedrijven asbest saneren. Voor de chromaten op geïsoleerde hete onderdelen bestaat niets daarvan. Er wordt gereinigd met poetsdoeken, sprays en teststrips door het aanwezige onderhoudspersoneel, hoewel de chromaten indelingen dragen die asbest niet heeft. Calcium- en natriumchromaat zijn volgens bijlage VI van de CLP-verordening ingedeeld als zeer giftig voor in het water levende organismen met langdurige gevolgen, natriumchromaat bovendien als huidcorrosief en huidsensibiliserend. Het verschil in behandeling verklaart zich doordat asbest als product werd geleverd en het chromaat pas tijdens bedrijf kan ontstaan.

De ondergeschikte rol van persoonlijke beschermingsmiddelen is sinds 1989 in het Unierecht verankerd en in de lidstaten al lang nationaal recht. De nieuwe Richtlijn (EU) 2026/2450 van 21 oktober 2026 legt haar voor carcinogenen uitdrukkelijk vast en noemt adembescherming bij naam. Nieuw is het recht van de dragers op regelmatige pauzes in een zone zonder besmettingsgevaar, waarvan duur en frequentie uit de risicobeoordeling volgen, en de lidstaten moeten dit uiterlijk 20 november 2028 in nationaal recht omzetten. Wie een dienst lang onder volgelaatsmasker en beschermingspak werkt, heeft deze pauzes nodig en een plek waar hij ze zonder besmetting kan nemen. De regelgevingsanalyse “Persoonlijke beschermingsmiddelen als laatste redmiddel” in het compendium van De Chromaatexperts geeft de voorschriften letterlijk weer.

In de hele EU hebben werknemers recht op voorlichting en instructie over de gevaarlijke stoffen waarmee zij werken, en wie aan carcinogenen is blootgesteld, hoort in het blootstellingsregister, dat ten minste veertig jaar na het einde van de blootstelling wordt bewaard. In Duitsland komen daar de bedrijfsinstructie bij en, voor wie herhaaldelijk aan chroom(VI) kan worden blootgesteld, het verplichte arbeidsgeneeskundig onderzoek. Voor externe bedrijven en uitzendkrachten geldt dat evenzeer, en in Duitsland staan ziekten door chroom of zijn verbindingen als beroepsziekte nummer 1103 vermeld. Wie op een geïsoleerde installatie stof of resten aantreft, moet weten dat de kleur geen betrouwbaar teken is, want chroom(VI) kan ook aanwezig zijn zonder dat geel stof zichtbaar is.

Bij asbest waren de vezelaantallen en de belaste oppervlakken onvergelijkbaar groter dan wat vandaag op geïsoleerde hete onderdelen gebeurt. Chroom(VI) brengt daarentegen andere eigenschappen mee. Het vormt geen vezels, de belasting is meestal niet te zien, en bij het gevaar door inademing komen huidcontact en het gevaar voor het milieu nog bij. In de asbestwereld bestaat het gezegde dat één enkele vezel kan doden. Ik pas het niet toe op chroom(VI)-deeltjes, maar waar is eraan dat bij kankerverwekkende stoffen zonder drempelwaarde niemand serieus kan aangeven vanaf welke ingeademde hoeveelheid een ziekte ontstaat en daaronder niet.

Het recht werkt daarom met risico's. De Duitse TRGS 910 legt voor chroom(VI)-verbindingen een tolerantieconcentratie van 1 µg/m³ vast, uitgedrukt als chroom in de inhaleerbare fractie (DGUV). Zij komt overeen met het tolerantierisico van 4 op 1.000, rekenkundig dus vier extra kankergevallen onder 1.000 werknemers die 40 jaar lang elke werkdag aan deze concentratie zijn blootgesteld. De bindende grenswaarde van de Europese Unie volgens Richtlijn 2004/37/EG bedraagt sinds 18 januari 2025 5 µg/m³, het vijfvoudige (bijlage III).

"Dat beetje stof"

Wie schrikt van 100.000 asbestvezels per kubieke meter en het beetje gele stof op het uitlaatspruitstuk voor onschuldig houdt, vergelijkt een getal met een indruk. Asbest wordt in vezels geteld, chroom(VI) in gewicht gemeten, en vergelijkbaar wordt beide pas door omrekening.

Een typische asbestvezel is ongeveer 10 µm lang en 0,5 µm dik en weegt bij de dichtheid van chrysotiel ongeveer 5 picogram, dus 5 biljoenste gram. 100.000 van zulke vezels wegen samen ongeveer 0,5 µg, afhankelijk van lengte en dikte van de vezels 0,04 tot 4 µg. Precies deze 100.000 vezels per kubieke meter hanteert de Duitse TRGS 910 voor asbest bij het tolerantierisico van 4 op 1.000, voor chroom(VI) bij hetzelfde risico 1 µg/m³. De twee waarden zien er volkomen verschillend uit, maar beschrijven hetzelfde kankerrisico en liggen qua gewicht in dezelfde orde van grootte.

Andersom geteld ziet dat beetje stof er anders uit. 1 µg chroom(VI) als calciumchromaat in deeltjes van 1 µm diameter zijn ongeveer 1,8 miljoen deeltjes, en bij hetzelfde risico staan tegenover 100.000 asbestvezels dus ongeveer 1,8 miljoen chromaatdeeltjes. Ook de hoeveelheid die een werknemer daarbij inademt, is klein. Bij ongeveer 10 m³ ademlucht per dienst is dat bij de tolerantieconcentratie ongeveer 10 µg chroom(VI) per dag, over een werkjaar van 220 diensten ruim 2 mg en over 40 werkjaren bijna 90 mg, minder dan een tiende gram. Met deze hoeveelheid over een arbeidsleven rekent de TRGS 910 met vier extra kankergevallen onder 1.000 werknemers. De Franse veldstudie vond op de turbocompressor van één enkele motor 869 ng chroom(VI). Verdeeld over een kubieke meter lucht zou dat bijna de tolerantieconcentratie zijn.

In de grenswaarden komt deze gelijkwaardigheid niet tot uitdrukking. Volgens Richtlijn (EU) 2023/2668 geldt voor asbest tot 20 december 2029 een grenswaarde van 10.000 vezels per kubieke meter. Tot die datum stappen de lidstaten voor het tellen van vezels over op de elektronenmicroscoop, tot dan wordt waar mogelijk met de fasecontrastmicroscoop geteld. Vanaf 21 december 2029 geldt naar keuze dezelfde waarde met inbegrip van de dunne vezels onder 0,2 µm of een waarde van 2.000 vezels per kubieke meter (WKO). Dat is ongeveer 0,05 en 0,01 µg/m³. De bindende Europese grenswaarde voor chroom(VI) bedraagt 5 µg/m³ en ligt qua gewicht dus honderd tot vijfhonderd keer hoger. De berekening vergelijkt massa's en deeltjesaantallen, over de werkingsmechanismen van de twee stoffen zegt zij niets.

5. Het toezicht

Na de asbestuitfasering hebben fabrikanten van isolatiematerialen, autoriteiten en ongevallenverzekeraars vele jaren hand in hand gewerkt. Dat was zo gewild en is in het Duitse recht zo opgezet. In de Ausschuss für Gefahrstoffe, die de TRGS opstelt, moeten volgens § 20 van de Duitse Gefahrstoffverordnung werkgevers, vakbonden, deelstaatautoriteiten, de wettelijke ongevallenverzekering en de wetenschap vertegenwoordigd zijn. Wat uit deze samenwerking is voortgekomen, verdient respect, want het gevaar door vezels werd daarmee aanzienlijk verminderd.

De vervangende vezels werden gezamenlijk onderzocht en in de regelgeving ingedeeld, en daaruit ontstonden de indelings- en vrijstellingscriteria waarmee kunstmatige minerale vezels tot op vandaag worden beoordeeld. De Europese indeling vat als minerale wol silicaatvezels samen met een gehalte van meer dan 18 procent aan natrium-, kalium-, calcium-, magnesium- en bariumoxide. Volgens aantekening Q vervalt de indeling als kankerverwekkend wanneer de vezels in de biopersistentietest snel genoeg worden afgebroken (Richtlijn 97/69/EG van 5 december 1997). In Duitsland was lange tijd de carcinogeniteitsindex maatgevend, de som van de oxiden van natrium, kalium, boor, calcium, magnesium en barium verminderd met tweemaal het aluminiumoxidegehalte. Vanaf een waarde van 40 werd een glasachtige vezel niet als kankerverwekkend ingedeeld (TRGS 905). Sinds 1 juni 2000 mogen niet vrijgestelde minerale wollen in Duitsland voor warmte- en geluidsisolatie, brandbeveiliging en technische isolatie in de bouw niet meer worden geproduceerd en gebruikt, en vrijgestelde producten dragen in de regel het RAL-keurmerk van de Gütegemeinschaft Mineralwolle (Gewerbeaufsicht Niedersachsen).

Voor de hogetemperatuurisolatie leidt dat tot een ongemakkelijke bevinding. De carcinogeniteitsindex stijgt met het gehalte aan basische oxiden, omdat deze de vezel in het lichaam sneller oplossen, en hoe meer calcium- en natriumoxide een glasachtige vezel bevat, hoe eerder zij wordt vrijgesteld. Op chroomgelegeerde hete onderdelen zijn precies deze oxiden de reactiepartner van de chromaatvorming. Met dezelfde richtlijn van 1997 werd aluminiumsilicaatwol, die hooguit 18 procent van deze oxiden bevat, als kankerverwekkend ingedeeld, en in 2010 kwam zij op de kandidaatslijst van zeer zorgwekkende stoffen. Als alternatief bieden de fabrikanten aardalkalisilicaatwollen aan, die volgens aantekening Q zijn vrijgesteld. Beoordeeld werd in alle gevallen de vezel in leveringstoestand en haar gedrag in de long. Wat dezelfde vezel na jaren bij enkele honderden graden op chroomgelegeerd staal vormt, maakte geen deel uit van de beoordeling.

Inmiddels erkennen de toezichthoudende autoriteiten de in-situvorming. Sinds 4 mei 2026 behandelt de Duitse TRGS 561 haar in een eigen paragraaf en eist zij het beschermingsregime al wanneer een chroom(VI)-belasting niet kan worden uitgesloten, en de Duitse Berufsgenossenschaften BG BAU, BG ETEM en BG Verkehr noemen de getroffen sectoren uitdrukkelijk. De volgende stap is aanzienlijk moeilijker. Wie het gevarenpotentieel van chromaatvorming erkent, moet in één adem wijzen op de producten die men vele jaren grotendeels gezamenlijk als erkende stand der techniek heeft behandeld, en psychologisch is dat een harde noot om te kraken.

In het procesrecht spreekt men in zo'n situatie van partijdigheid. Die veronderstelt geen wangedrag, de gegronde schijn van een gebrek aan onpartijdigheid volstaat. Het Europees Hof voor de Rechten van de Mens toetst de onpartijdigheid volgens artikel 6 van het Europees Verdrag voor de Rechten van de Mens daarom ook aan de uiterlijke schijn. Of een instantie een stof onbevangen opnieuw kan beoordelen die zij zelf mee heeft ingedeeld, mag men vragen. In het hogetemperatuurgebied zullen regelgevers en fabrikanten van isolatiematerialen hoe dan ook gescheiden wegen moeten gaan.

Ook bij asbest werd eerst de omgang geregeld. In Duitsland werd asbestose al in 1936 als beroepsziekte erkend, verboden werd asbest op 31 oktober 1993 (Umweltbundesamt). Daartussen lagen 57 jaar waarin de omgang werd geregeld. Als eerste grenswaarde kreeg asbest in 1971 een technische richtconcentratie (Bayerisches

Landesamt für Umwelt). Die gaf de concentratie aan "die volgens de stand der techniek kan worden bereikt", en kon een gezondheidsrisico volgens de tekst van TRGS 102 "niet volledig uitsluiten". Maatstaf was het technisch haalbare, en de stof zelf stelde de regelgeving pas aan het einde ter discussie.

6. De mondiale dimensie

Honderdduizenden installaties met geïsoleerde hete onderdelen zijn wereldwijd in bedrijf, en rekent men de voertuigen mee, dan zijn het er veel meer. De isolatiematerialen waar het om gaat, zijn overal standaard. Motoren, turbines en uitlaatsystemen van Europese fabrikanten draaien op alle continenten, schepen worden onderhouden in de havens die zij toevallig aandoen, bouwmachines en bedrijfsvoertuigen in werkplaatsen over de hele wereld. Het Internationaal Agentschap voor Kankeronderzoek van de Wereldgezondheidsorganisatie deelt chroom(VI)-verbindingen in als kankerverwekkend voor de mens, groep 1, en wel in hetzelfde deel 100C waarin het ook asbest beoordeelt (IARC, monografie 100C). Dit gevaar is een eigenschap van de stof en hangt niet af van het land waarin iemand ermee in aanraking komt. Verschillend is alleen hoe de landen hun werknemers en het milieu ertegen beschermen.

Wat dat betekent voor het bestaande bestand aan geïsoleerde installaties, schepen en voertuigen, valt niet te becijferen, want dit bestand is nooit vanuit de vraag naar chromaatvorming in kaart gebracht. Alleen al voor gasmotoren, kolencentrales, afvalverbrandingslijnen en schepen ontstaan volgens openbare bestandscijfers en voorzichtige aannames over onderhoudsintervallen naar ruwe schatting 58.000 tot 61.000 onderhoudsmomenten per jaar, nog zonder aftrek van overlappingen, waarbij de isolatie wordt geopend (afleiding van de orde van grootte). Daar komen miljoenen werkplaatsbezoeken van bedrijfsvoertuigen bij. De regels die de kwestie vastleggen, gelden daarentegen maar op weinig plaatsen. De TRGS 561 is een Duitse regel, de REACH-verordening geldt in de Europese Economische Ruimte, en de fabrikanten leveren toch een en hetzelfde product aan alle markten.

Bij asbest is gebleken hoe lang een wereldwijde uitfasering duurt. Duitsland verbood asbest in 1993, de Europese Unie in 2005, de Verenigde Staten chrysotiel pas in 2024, en in veel landen wordt asbest tot op vandaag gebruikt. Canada won en exporteerde chrysotiel tot begin jaren 2010 de laatste mijnen sloten, terwijl in eigen land gebouwen werden gesaneerd. In de Verenigde Staten leidden de asbestprocessen tot het faillissement van grote fabrikanten. Johns-Manville vroeg in 1982 faillissementsbescherming aan, en uit trustfondsen worden zieken tot op vandaag schadeloos gesteld. Wie wereldwijd levert, valt ook onder de rechtsordes waarin de aansprakelijkheid voor gezondheidsschade zo is ingericht.

Eén verschil met asbest weegt daarbij zwaar. Asbest werd als product geleverd, en waar het werd verboden, eindigde de levering. Het chromaat kan tijdens bedrijf opnieuw ontstaan aan elke installatie die met een basisch-oxidisch isolatiemateriaal is uitgerust, en zolang deze isolatiematerialen worden geleverd, groeit het bestand verder.

Elektriciteitscentrales en WKK-installaties

De Global Integrated Power Tracker van Global Energy Monitor registreert wereldwijd 116.095 productie-eenheden (Carbon Brief, juli 2024). Daarin zijn ook wind-, zonne- en waterkrachtinstallaties zonder geïsoleerde hete onderdelen opgenomen, de overige zijn kolen-, gas-, olie-, bio-energie-, kern- en geothermische centrales met geïsoleerde stoom- en uitlaatleidingen. In de Verenigde Staten registreert het ministerie van Energie bijna 4.400 locaties met warmtekrachtkoppeling (US Department of Energy), in Duitsland zijn meer dan 10.000 WKK-installaties in bedrijf. Zij voorzien ziekenhuizen, woonwijken, kassen, waterzuiveringsinstallaties en biogasinstallaties,

en hun uitlaattraject wordt bij elke grote revisie geopend. De Duitse Berufsgenossenschaften noemen WKK-installaties uitdrukkelijk onder de getroffen sectoren.

In juni 2026 ging INNIO naar de Nasdaq. De hoofdaandeelhouder verkocht daarbij 90 miljoen aandelen voor ongeveer 2,4 miljard Amerikaanse dollar, INNIO zelf ontving uit de aanbieding geen opbrengst (Börsen-Zeitung, 4 juni 2026). In het definitieve prospectus van 3 juni 2026 komt de chromaatproblematiek niet voor. Chroom, chromaten en kankerverwekkende stoffen worden er niet in genoemd, gevaarlijke stoffen, arbeidsveiligheid en persoonlijke beschermingsmiddelen alleen in algemene zin (prospectus bij de Amerikaanse beurstoezichthouder SEC). Ontwerp- en fabricagefouten beschrijft het prospectus als mogelijkheid die een grote terugroepactie in het veld zou kunnen veroorzaken ("could cause a large field recall"), gevaren door gevaarlijke stoffen betrekt het op de eigen locaties ("our current or former facilities"), en het begrip productaansprakelijkheid komt niet voor. De geïnstalleerde basis van de eigen gasmotoren raamt het op ongeveer 44 gigawatt per 31 december 2025, en het wijst erop dat motoren in het wereldwijde bestand een levensduur van meer dan 20 jaar kunnen bereiken. De technische instructie TA 2300-0025 over Cr-6-reductie lag op dat moment al drie jaar voor. Een Amerikaans federaal hof van beroep oordeelde in 2021 dat risicofactoren die een risico alleen als mogelijkheid beschrijven, misleidend kunnen zijn wanneer het zich al heeft voorgedaan (In re Alphabet, Ninth Circuit). Daarmee staat de vraag in de ruimte of de chromaatvorming aan de eigen motoren in het beursprospectus had thuisgehoord.

Datacenters

Wij bevinden ons in een fase die zeer energiehongerig is. Er gaat nauwelijks een dag voorbij zonder dat fabrikanten van motoren en turbines nieuwe orders melden, vooral voor datacenters. Wärtsilä levert voor datacenters in de Verenigde Staten gasmotorcentrales van 412 megawatt en 282 megawatt. Siemens Energy noemt voor vandaag bestelde gasturbines leverdata in de jaren 2030 en 2031 (Börsen-Zeitung, 11 juni 2026). Volgens een branche-overzicht van Turbomachinery Magazine van juli 2026 is nieuwe turbinecapaciteit bij GE Vernova, Siemens Energy en Mitsubishi Power op zijn vroegst eind 2028 beschikbaar, en is Baker Hughes met zijn NovaLT-turbines tot 2028 uitverkocht. Rolls-Royce Power Systems verhoogde de orderinstroom in 2025 met 21 procent tot 7,14 miljard euro, vooral gedragen door de energievoorziening voor datacenters en door de defensietak, en breidt zijn fabrieken in Friedrichshafen en Mankato uit (mededeling van 27 februari 2026). INNIO ontving in oktober 2025 met 2,3 gigawatt Jenbacher-vermogen voor datacenters van VoltaGrid de grootste order uit zijn bedrijfsgeschiedenis (mededeling van 21 oktober 2025).

Voor de datacenters ontstaan daarbij centrales in een nieuwe dichtheid. Het project van Wärtsilä van 412 megawatt omvat 40 gasmotoren van het type 34SG, voor de Monarch-campus in West Virginia is 2 gigawatt met Caterpillar-motoren uit de serie G3500 gepland, PROENERGY levert voor Crusoe 13 gasturbinesets met samen 650 megawatt, en INNIO heeft met Rehlko een raamovereenkomst over 1,25 gigawatt Jenbacher-vermogen gesloten (Power Engineering). Wereldwijd zijn ongeveer 11.600 datacenters in bedrijf (Voronoi, juni 2026), en steeds meer daarvan wekken hun stroom ter plaatse op, omdat de uitbreiding van het net niet bijblijft. Een locatie met 40 motoren heeft 40 geïsoleerde uitlaattrajecten die in hetzelfde ritme worden onderhouden.

Deze machines worden, zoals al tientallen jaren, uitgerust met isolatiematerialen die basische oxiden bevatten. Elk ervan wordt gedurende de hele levensduur onderhouden, en bij elk onderhoud wordt de isolatie geopend. Wat in deze jaren wordt geleverd, vormt het bestand waaraan nog lang na het komende gebruiksverbod wordt gewerkt. Ook dat heeft een parallel. In Duitsland werd asbest vooral in de gebouwen uit de jaren 1960 en 1970 verwerkt (Umweltbundesamt), en wereldwijd daalde het verbruik pas eind jaren 1970 (USGS). Wat in de jaren van de grootste vraag werd ingebouwd, houdt de sanering tot op vandaag bezig.

Ketels en verbrandingsinstallaties

In de afgelopen maanden komen ketels in beeld. Vaak is het de afdekmat op een chroomhoudende behuizing of het calciumhoudende afdichtkoord aan de chroomgelegeerde deur naar de verbrandingskamer waar zich chromaat kan vormen. De afdichtkoorden aan ketel- en ovendeuren bestonden vroeger uit asbest. Ook hier werd de vezel vervangen, en haar vervanging kan vandaag zelf de reactiepartner zijn.

In afvalverbrandingsinstallaties komt er een tweede vormingsroute bij die met de isolatie niets te maken heeft. Het chroom komt met het afval in de verbranding terecht, kan daar tot chromaat worden geoxideerd en komt in de assen terug. Francesca Paoletti heeft deze vormingsroute in haar dissertatie in Karlsruhe onderzocht (FZKA 6755, 2002). Voor de werknemer die een ketel reinigt of de isolatie ervan opent, is het hetzelfde stof. Wereldwijd zijn meer dan 3.100 afvalverbrandingsinstallaties in bedrijf (ecoprog, maart 2026).

Schepen en jachten

De koopvaardijvloot telde op 1 januari 2025 ongeveer 112.500 schepen vanaf 100 brutotonnage (UNCTAD), en daar komen jachten, veerboten en overheidsschepen bij. Metingen en onderzoeken van de afgelopen maanden tonen in bijna elke onderzochte machinekamer van schepen een chromaatbelasting, in het bijzonder ook op jachten en superjachten. Deels heeft het stof zich over de hele machinekamer verspreid en is het daar via de huid toegankelijk. De metingen tonen ook dat de chromaten uit de machinekamers worden versleept, want in hutten en op de brug werden chromaatafzettingen op vloeren, bureaus en bureaustoelen aangetoond. Op een schip woont de bemanning waar zij werkt.

Tegelijk waarschuwen leveranciers van uitlaatgasnabehandelingssystemen voor schepen en jachten. Het Finse Proventia Oy beschrijft in Information Bulletin 2/2025 “Hexavalent Chromium (Cr(VI)) Awareness and Safety Guidance” de vorming van calciumchromaat op roestvaststalen uitlaatsystemen in contact met calciumhoudende isolatiematten en montagepasta’s boven 300 °C. Het Zwitserse HUG Engineering AG wijst zijn klanten in een “Chromium (VI) Precautionary Notice” op de chromaatvorming aan geïsoleerde roestvaststalen uitlaatsystemen, en zijn servicetechnici kunnen vóór aanvang van de werkzaamheden een sneltest uitvoeren en het onderhoud uitstellen wanneer een belasting wordt bevestigd.

Ook bij asbest waren schepen een zwaartepunt. Sinds 1 januari 2011 verbiedt het Internationaal Verdrag voor de beveiliging van mensenlevens op zee de nieuwe inbouw van asbesthoudende materialen op alle schepen zonder uitzondering (IMO), en het bestand aan boord houdt de rederijen tot op vandaag bezig.

Voertuigen en spoorvoertuigen

Volgens de laatste gepubliceerde totaaltelling van de fabrikantenvereniging OICA waren wereldwijd meer dan 1,2 miljard motorvoertuigen in gebruik (OICA). Elk hitteschild is hogetemperatuurisolatie, en aan uitlaatspruitstukken, turbocompressoren en uitlaatgasnabehandeling komen chroomgelegeerd staal en isolatie samen. Niet elke kleine auto is uitgerust met hitteschilden van glasvezelnaaldmatten. Bij bestelwagens en vrachtwagens, vooral bij die met uitlaatgasnabehandeling, ga ik ervan uit dat het meer dan de helft is. In de Europese Unie zijn dat bij ongeveer 31 miljoen bestelwagens en 6,2 miljoen vrachtwagens (ACEA) meer dan 18 miljoen voertuigen, bussen, bouwmachines en landbouwmachines niet meegerekend. Aan personenauto’s van drie fabrikanten van twee continenten heb ik chroom(VI) ook aangetoond op koude, vrij toegankelijke oppervlakken van de motorruimte, op afstand van de hete onderdelen. De Duitse BG Verkehr noemt voertuigen uitdrukkelijk onder de getroffen sectoren, en onderhouden worden ze in merkdealerwerkplaatsen en vrije garages over de hele wereld.

Hetzelfde geldt voor spoorvoertuigen. Alleen al in Noord-Amerika waren eind 2024 ongeveer 37.700 locomotieven in dienst, overwegend diesel-elektrisch (Railway Age via Rolling Stock World), en dieseltreinstellen en

rangeerlocomotieven rijden op alle continenten. Ook spoorvoertuigen moesten na de asbestuitfasering ingrijpend worden gesaneerd.

Luchtvaart

Ook vliegtuigmotoren zijn omhuld met isolatiematerialen die basische oxiden bevatten. De wereldwijde commerciële vloot telde in juni 2025 35.550 vliegtuigen, waarvan 30.300 actief in dienst (IATA). In de luchtvaart kent men chromaten al tientallen jaren uit corrosiewerende primers die bewust worden toegepast. De vorming aan de motorisolatie staat daar los van en is een eigen bron, die bij elke revisie in de motorwerkplaatsen kan vrijkomen. Juist hier werkt de verzamelterm waarvan bij de bevindingen sprake was, want wie in de luchtvaart chroom(VI) hoort, denkt aan de primer.

Afgedankte onderdelen

Met het einde van zijn gebruik is een onderdeel niet van de wereld. Roetfilters worden gereinigd en gereviseerd. De Deense fabrikant Dinex biedt exploitanten van vrachtwagen- en busvloten een ruilsysteem aan waarbij het gebruikte filter wordt teruggestuurd, gereviseerd en als “reconditioned unit” met typegoedkeuring opnieuw wordt geleverd (Dinex, november 2025). Een onderdeel waarop zich chromaat kan hebben gevormd, gaat daarmee terug in bedrijf, en precies deze herinbouw beschrijft het hoofdstuk “Het recht haalt in” als gebruik.

Katalysatoren en SCR-eenheden worden geopend en ontmanteld om de edelmetalen terug te winnen. In de Europese Unie bereiken jaarlijks ongeveer 6,5 miljoen voertuigen het einde van hun levensduur (Europees Parlement), en hun uitlaatsystemen gaan als metaalschroot of gebruikt onderdeel door verdere handen. Of de aanwijzingen van de fabrikanten degenen bereiken die ze demonteren, sorteren of opnieuw inbouwen, is de vraag uit het hoofdstuk over de fabrikanten. Ook bij asbest zat het gevaar niet alleen in de grote installaties. Remvoeringen en koppelingsplaten werden duizendvoudig in werkplaatsen vervangen, en slijtagestof en oude onderdelen gingen lange tijd ongeregeld hun eigen weg.

7. Het dilemma van de motor- en isolatiefabrikanten

Elke geleverde installatie blijft in het veld, en daarmee ook de isolatie waarmee zij de fabriek heeft verlaten. Een fabrikant die vandaag overstapt op een isolatiemateriaal zonder basische oxiden, beantwoordt daarmee een vraag voor de nieuwe installaties en laat haar voor de oude open. De exploitanten van de geleverde installaties zullen willen weten waarom hun installatie nog met het oude materiaal draait, of zij wordt aangepast en wie dat betaalt. Het prospectus van INNIO beschrijft wat een ontwerpfout kan veroorzaken, namelijk een grote terugroepactie in het veld. Bij motoren die meer dan 20 jaar draaien, reikt deze vraag ver in de toekomst.

Daar komt een last bij die de fabrikanten zichzelf hebben opgelegd. Zij rapporteren over duurzaamheid, arbeidsveiligheid en gezondheid. Volgens de Europese rapportagestandaarden horen daar ook de werknemers in de waardeketen bij (ESRS S2), dus de servicetechnici, werkplaatsen en reviseerbedrijven die de isolatie openen. Ook de circulaire economie heeft hier een keerzijde. Programma’s zoals Cat Reman of de mtu Reman Technology Centres van Rolls-Royce Power Systems in Duitsland en de Verenigde Staten nemen gebruikte motoren en onderdelen terug, reviseren ze en brengen ze weer in bedrijf (Caterpillar, Rolls-Royce). Of daarbij rekening wordt gehouden met het feit dat zich op deze onderdelen chromaat kan hebben gevormd, is een vraag aan de programma’s zelf.

De energieopwekking zelf ontwikkelt zich daarbij voortdurend verder. Elke generatie motoren en turbines brengt meer vermogen en een hoger rendement, de emissiegrenswaarden worden strenger, en de

uitlaatgasnabehandeling vereist dat de warmte in het uitlaatgas blijft tot het de katalysator bereikt. De isolatie is daarmee onderdeel van de emissiebeperking geworden. Het isolatie-element zelf heeft deze ontwikkeling nauwelijks meegemaakt. Op sterk geoptimaliseerde machines zit tot op vandaag een materiaalconcept uit de jaren 1970, dat sindsdien vooral vanuit vezelvraagstukken is beoordeeld. Geoptimaliseerd wordt alles waaraan men de prestaties van een installatie meet, en de isolatie meet niemand, zolang zij de warmte vasthoudt.

De ironie is dat een isolatiemateriaal in leveringstoestand aan alle geldende eisen kan voldoen en onder bedrijfsomstandigheden toch kan bijdragen aan de vorming van **chroom(VI)**-verbindingen. De isolatiematerialen zijn vrijgesteld, en ze werden vrijgesteld vanwege hun gehalte aan basische oxiden, dus vanwege precies het bestanddeel dat op chroomgelegeerd staal het chromaat vormt. De veiligheidsinformatiebladen beschrijven de leveringstoestand volledig en juist. Ook elke mededeling van een fabrikant over chromaatvorming is compliance, en elke mededeling documenteert tegelijk sinds wanneer het bedrijf de vormingsroute kent. Hoe zorgvuldiger een bedrijf waarschuwt, hoe nauwkeuriger het zijn kennisstand vastlegt, en zolang het isolatiemateriaal blijft, verlengt elke waarschuwing de periode waarover het zich moet verantwoorden.

De fabrikanten van isolatiematerialen zitten in een ingrediëntenval. De basische oxiden zijn in hun producten geen verontreiniging. Steenwol wordt gesmolten uit basaltgesteente en toeslagstoffen die calcium- en magnesiumoxide meebrengen, glaswol heeft natriumoxide nodig als vloeimiddel, en calciumsilicaat draagt de stof al in zijn naam. De biologische oplosbaarheid waarop de vrijstelling berust, hangt aan dezelfde oxiden. Wie ze eruit haalt, verlaat zijn productfamilie en de grondslag van haar indeling. De motorfabrikanten zullen de vervanging daarom nauwelijks bij hun huidige leverancier vinden.

Een nieuw bedrijfsterrein maakt de vraag nog scherper. De fabrikanten van isolatiematerialen nemen minerale wol terug en voeren haar terug in de productie. ROCKWOOL exploiteert met Rockcycle een terugnamesysteem in 25 landen en verzamelt steenwol van bouw-, renovatie- en sloopplaatsen. In meerdere fabrieken gaat schone steenwol daarbij zonder opnieuw te worden gesmolten rechtstreeks terug in de productie (ROCKWOOL). ISOVER voert in Duitsland snijafval van nieuwe isolatiematerialen via zijn service EASY-ECO terug, terwijl sloopafval met afvalcode 17 06 03* niet mag worden gerecycled (ISOVER, juli 2025). In Nederland neemt het acceptatiepunt van Renewi voor Rockcycle geen steenwol met chemische verontreiniging aan (Renewi, 2025). Of ook minerale wol uit industriële hogetemperatuurisolatie wordt teruggevoerd, blijkt niet uit de documenten. De uitsluitingen werken alleen wanneer iemand de verontreiniging kent, en een chromaatbelasting is aan de wol niet te zien. Wat er met het chromaat gebeurt wanneer belaste wol terug in de productie gaat, behandelt geen van de documenten.

Tegelijk draait het hamsterwiel steeds sneller. De orderboeken zijn vol, leverdata reiken tot 2030, en elke week verlaten installaties met hetzelfde isolatiemateriaal de fabrieken. Een omschakeling vergt beproeving, goedkeuringen en nieuwe toeleveringsketens, en zij kost tijd die bij deze orderpositie niemand meent te hebben. Elke geleverde installatie vergroot echter het bestand dat een latere omschakeling ter discussie stelt. Hoe langer wordt gewacht, hoe duurder de stap wordt, en hoe groter de prikkel om hem verder uit te stellen.

Het momentum ervoor is er geweest. De eerste mededelingen van fabrikanten dateren van november 2020, in mei 2026 kwam de Duitse TRGS 561, in juni 2026 de beursgang van INNIO. Elk van deze momenten had zich geleend voor een omschakeling die men als vooruitgang had kunnen presenteren. Wie vandaag omschakelt, doet dat nog uit eigen beweging. Na een besluit over bijlage XVII doet hij het omdat hij moet. Wie als eerste omschakelt, bepaalt bovendien de maatstaf waaraan de anderen worden gemeten. De asbestfabrikanten hebben het moment gemist waarop zij de uitfasering zelf hadden kunnen vormgeven, en uiteindelijk hebben wetgevers en rechters haar vormgegeven.

8. Het recht haalt in

De regelgeving is begonnen de feiten vast te leggen. De Duitse TRGS 561 doet dat sinds mei 2026, en Richtlijn (EU) 2026/2450 deelt persoonlijke beschermingsmiddelen bij carcinogenen uitdrukkelijk in als laatste redmiddel. Voor natriumchromaat geldt al jaren een strengere regel. Sinds 21 september 2017 mag het in de Europese Unie zonder autorisatie niet meer worden gebruikt, en het kan overal ontstaan waar minerale wol op chroomgelegeerde hete onderdelen ligt, omdat minerale wol natriumoxide bevat. Zolang de installatie draait, is de isolatie een voorwerp. Bij het openen liggen chromaathoudend stof en vezels vrij, en het opslaan, het behandelen en het opnieuw inbouwen zijn gebruik in de zin van de REACH-verordening. Een autorisatie daarvoor heeft niemand aangevraagd. De aanwijzingen van de fabrikanten beginnen drie jaar na de sluitingsdatum, en geen ervan noemt bijlage XIV. De fabrikanten moeten zich laten vragen of zij dit verband hadden moeten zien. De bijzonderheden staan in het werk "Het over het hoofd geziene gebruiksverbod".

Een chroom(VI)-aantoning zegt op zichzelf niet welke chromaatverbindingen precies aanwezig zijn. Voor de exploitant is dat geen reden om het verdere gebruik van chromaatbelaste isolatie als onproblematisch te beschouwen. Ongeacht de uitkomst van de Europese beperkingsprocedure gelden de eisen voor arbeidsbescherming nu al, en de vormingsroute hoort thuis in het substitutieonderzoek.

In april 2025 heeft het Europees Agentschap voor chemische stoffen voorgesteld om bijna alle chroom(VI)-verbindingen volgens bijlage XVII van de REACH-verordening te beperken. Dat is dezelfde bijlage waarin onder vermelding 6 de asbestvezels staan. Alleen een gesloten lijst van industriële toepassingen moet toegestaan blijven, en het onderhoud van geïsoleerde hete onderdelen staat er niet op. Het rapport van het agentschap gaat uit van inwerkingtreding in 2028. Omdat de procedure in de laatste fase is en het meeste is vastgelegd, acht ik een besluit in de eerste helft van 2027 realistisch, en met de voorziene overgangstermijn van 18 maanden eindigt de termijn dan in de tweede helft van 2028. Een isolatie die vandaag wordt ingebouwd, zit dan nog in de installatie.

9. De beslissing van vandaag

De substitutieplicht volgens artikel 4 van de Europese Richtlijn 2004/37/EG hangt niet af van de beperkingsprocedure. Zij geldt vandaag, zij is gekoppeld aan de indeling als kankerverwekkend en treft calcium- en natriumchromaat in gelijke mate. Richtlijn (EU) 2026/2450 maakt bovendien uitdrukkelijk duidelijk dat persoonlijke beschermingsmiddelen pas na substitutie, technische en organisatorische maatregelen in aanmerking komen, en geeft de voorrangsmaatregelen, met de substitutie voorop, daarmee nog meer gewicht. Gesubstitueerd wordt daarbij het materiaal dat tot de vorming van de kankerverwekkende chroom(VI)-verbindingen kan leiden, dus het isolatiemateriaal met alkali- en aardalkalimetaaloxiden. Het ontstane chromaat zelf laat zich niet vervangen, omdat niemand het bewust toepast.

Hogetemperatuurisolatiematerialen zonder alkali- en aardalkalimetaaloxiden zijn beschikbaar. Zij vermijden de vormingsroute zonder in te boeten aan temperatuurbestendigheid en levensduur. De geschiedenis van asbest eindigde in bijlage XVII van de REACH-verordening, onder vermelding 6, en de chroom(VI)-verbindingen zijn op weg naar dezelfde bijlage. Of de geschiedenis zich in de hogetemperatuurisolatie tot daar herhaalt, wordt eerder beslist, in de aanschaffingen die vandaag lopen.

De bronnen voor alle uitspraken in deze brochure staan in de vakanalyses "Het over het hoofd geziene ingrediënt" en "Het over het hoofd geziene gebruiksverbod" op www.cr6.info en, voor Richtlijn (EU) 2026/2450, in de regelgevingsanalyse "Persoonlijke beschermingsmiddelen als laatste redmiddel".

Versiegeschiedenis

Versie	Datum	Wijziging
0.1	november 2026	Eerste versie (concept ter afstemming)
0.2	november 2026	Hoofdstuk “De mondiale dimensie” opnieuw ingedeeld: elektriciteitscentrales en WKK-installaties, datacenters, ketels en verbrandingsinstallaties, schepen en jachten, voertuigen en spoorvoertuigen, luchtvaart, afgedankte onderdelen
0.3	november 2026	Nieuw hoofdstuk “Het dilemma van de motor- en isolatiefabrikanten”
0.4	november 2026	Redactionele correcties: tijdpad van de beperkingsprocedure, leveringstoestand van de isolatiematerialen, afleiding van de onderhoudsmomenten, onderzochte machinekamers, pagina-einden; eerste Nederlandse uitgave
1.0	november 2026	Eerste gepubliceerde versie