

# Portlandzement-Staub

## MAK-Begründung, Nachtrag

A. Hartwig<sup>1,\*</sup>

MAK Commission<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> *Vorsitzende der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Institut für Angewandte Biowissenschaften, Abteilung Lebensmittelchemie und Toxikologie, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Adenauerring 20a, Geb. 50.41, 76131 Karlsruhe, Deutschland*

<sup>2</sup> *Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Kennedyallee 40, 53175 Bonn, Deutschland*

\* *E-Mail: A. Hartwig ([andrea.hartwig@kit.edu](mailto:andrea.hartwig@kit.edu)), MAK Commission ([arbeitsstoffkommission@dfg.de](mailto:arbeitsstoffkommission@dfg.de))*

### Keywords:

Portlandzement, Lunge,  
Lungenfunktion, Reizwirkung,  
Kanzerogenität

## Abstract

The German Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area has re-evaluated Portland cement dust [65997-15-1]. The critical effect of Portland cement dust is an irritant and inflammatory reaction, especially of the upper respiratory tract. In 2012, Portland cement dust was classified in Carcinogen Category 3 B because there was some evidence from epidemiological studies that Portland cement dust can cause pharyngeal tumours in construction workers who are additionally exposed to lime. More recent epidemiological studies could not rule out this suspicion. Therefore, Portland cement dust remains in Carcinogen Category 3 B. A maximum concentration at the work place (MAK value) could not be derived.

### Citation Note:

Hartwig A, MAK Commission.  
Portlandzement-Staub.  
MAK-Begründung, Nachtrag.  
MAK Collect Occup Health  
Saf. 2020 Dez;5(4):Doc075.  
DOI: [10.34865/mb6599715d5\\_4ad](https://doi.org/10.34865/mb6599715d5_4ad)

Manuskript abgeschlossen:  
25 Okt 2018

Publikationsdatum:  
21 Dez 2020

License: This article is distributed  
under the terms of the Creative  
Commons 4.0 International  
License. See license information  
at <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



<b>MAK-Wert</b>	–
<b>Spitzenbegrenzung</b>	–
<b>Hautresorption</b>	–
<b>Sensibilisierende Wirkung (2011)</b>	– <sup>a)</sup>
<b>Krebserzeugende Wirkung (2012)</b>	<b>Kategorie 3 B</b>
<b>Fruchtschädigende Wirkung</b>	–
<b>Keimzellmutagene Wirkung</b>	–
<b>BAT-Wert</b>	–
CAS-Nr.	65997-15-1
Dichte bei 20 °C	2,8 bis 3,2 g/cm <sup>3</sup> (Hartwig 2012)
Löslichkeit	schwerlöslich (Hartwig 2012)

<sup>a)</sup> Gilt nur für Chromat-arme Zemente mit einem Chrom(VI)-Gehalt von unter 2 ppm (2 mg/kg). Für Zemente mit einem höheren Chrom(VI)-Gehalt siehe Begründung zu Chrom(VI)-Verbindungen.

Hinweis: Quarzanteil und Chromatanteil sind separat zu bewerten

Seit dem letzten Nachtrag (Hartwig 2012) sind epidemiologische Studien veröffentlicht worden, die Effekte nach Exposition gegen Portlandzement-Staub darstellen und daher eine Neubewertung erforderlich machen.

## Allgemeines

Zement wird heute in modernen Zementwerken in einem kontinuierlichen Prozess im Trockenverfahren hergestellt. Dabei werden die Rohmaterialien Kalkstein (als Quelle für Calciumoxid), Ton (für Siliciumdioxid und Aluminiumoxid), Sand (für Siliciumdioxid) und Eisenerz (Eisen(III)-oxid) zusammen vermahlen, getrocknet und bei 1400 °C gebrannt. Während des Kalzinierens entstehen Calciumoxid, CO<sub>2</sub> sowie die fünf Klinkerverbindungen: Tricalciumsilikat (Alit; kurz C<sub>3</sub>S (3 CaO-SiO<sub>2</sub>)), Dicalciumsilikat (Belit, kurz C<sub>2</sub>S (2 CaO-SiO<sub>2</sub>)), Tricalciumaluminat (kurz C<sub>3</sub>A (3 CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)) und Tetracalciumaluminatferrit (kurz C<sub>4</sub>AF bzw. C<sub>4</sub>(A,F) (4 CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)) und Calciumaluminatferrit (kurz C<sub>2</sub>(A,F) (2 CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)). Diese Calciumsilikate werden auf < 200 °C heruntergekühlt. Nach dem Zusatz von Gips oder Anhydrit, welcher die Aushärtegeschwindigkeit verzögert, werden die Granulate fein vermahlen. Portlandzement weist eine chemische Zusammensetzung von 58 bis 66 % Calciumoxid (CaO), 18 bis 26 % Siliciumdioxid (SiO<sub>2</sub>), 4 bis 10 % Aluminiumoxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) und 2 bis 5 % Eisenoxid (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) auf (Informationszentrum Beton 2017).

Im Verarbeitungsprozess wird die Erhärtung von Portlandzement durch die Zugabe von Wasser ausgelöst, wobei während der Hydratation unlösliche, stabile Calciumsilikathydrate gebildet werden. Weitere Hydratationsprodukte sind u. a. Calciumhydroxid, Calciumaluminathydrate, Calciumferrithydrate, sulfathaltige Hydrate und verwandte Verbindungen. Durch die Bildung des alkalischen Calciumhydroxids aus dem Calciumsilikat weist der „Zementteig“ (Mischung aus Anmachwasser und Portlandzementpulver) einen pH-Wert von 12,5 auf. Der Erhärtungsprozess verläuft über das Ansteifen des Zementleims (ca. 3 Stunden), über das Erstarren und das Erhärten (> 28 Tage).

Um die Brenntemperatur des Zementklinkers zu erreichen, wurden früher Steinkohle und Braunkohle und in geringem Umfang auch schweres Heizöl verwendet. Seit dem Jahr 1990 werden Petrolkoks sowie leichtes und schweres Heizöl verwendet. Neben den fossilen Brennstoffen werden auch alternative Brennstoffe wie Altreifen, Altöl, Tiermehle, Altholz, Lösungsmittel, Bleicherde und Klärschlamm eingesetzt (VDZ 2018).

## 1 Allgemeiner Wirkungscharakter

Portlandzement-Staub kann inhalativ und oral aufgenommen werden. Bisher bekannte Wirkungen beim Menschen sind Beeinträchtigungen der Lungenfunktion. Pneumokoniosen oder pleurale Veränderungen sind von untergeordneter Bedeutung. Es besteht der Verdacht, dass ein erhöhtes Kehlkopfkrebsrisiko vorliegt (Hartwig 2012).

Portlandzement-Staub wirkt ätzend an den Augen und auf die Haut. Bei Kontakt mit der Schleimhautoberfläche im Kehlkopf und Respirationstrakt kann aufgrund des hohen Calciumoxidgehaltes das stark alkalische Calciumhydroxid entstehen, was zu Schleimhautirritationen, schweren Verätzungen, Ulzerationen und Nekrosen (Zementbrand) führt.

## 2 Wirkungsmechanismus

Siehe Hartwig (2012).

## 3 Toxikokinetik und Metabolismus

Hierzu liegen keine neuen Daten vor.

## 4 Erfahrungen beim Menschen

In der in diesem Abschnitt zitierten Literatur finden sich nur Angaben zu Staubkonzentrationen. Bei der Produktion von Zement (vgl. unten) wurde im emittierten Reingas der Drehofenanlagen ein komplexes Gemisch aus zahlreichen Gefahrstoffen nachgewiesen. Damit ist die Gesundheitsgefährdung bei der Zementproduktion durch die alleinige Angabe des Zementstaubes in der Atemluft nicht vollständig erfasst.

In einer Studie wurden die Staubexpositionen in neun Portlandzementfabriken aus Korea im Zeitraum von 1995 bis 2009 ausgewertet. Hierzu wurden 2370 personenbezogene Expositionsmessungen analysiert. Die Gesamtstaubbelastung in allen Produktionsbereichen lag im Mittel bei  $2,29 \pm 2,70 \text{ mg/m}^3$ . Die höchste Gesamtstaubbelastung wurde im Jahr 1995 mit  $11,26 \pm 7,67 \text{ mg/m}^3$  ermittelt. Zu den im gesamten Zeitraum höher belasteten Arbeitsbereichen zählen: Zementmühle ( $3,28 \pm 3,67 \text{ mg/m}^3$ ), Verpackung ( $2,93 \pm 2,48 \text{ mg/m}^3$ ), Beladung ( $2,73 \pm 2,68 \text{ mg/m}^3$ ) und Brecher ( $2,56 \pm 2,79 \text{ mg/m}^3$ ) (Koh et al. 2015).

In Emissionen von Zementwerken in Deutschland (Reingas von Drehofenanlagen), für deren Begrenzung die Bestimmungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes gelten, wurden im Jahr 2017 neben Zementstaub folgende Verbindungen gemessen: Stickoxide (bis  $500 \text{ mg/m}^3$ ), Schwefeldioxid (bis  $3250 \text{ mg/m}^3$ ), Quecksilber, Ammoniak (bis  $1080 \text{ mg/m}^3$ ), Kohlenmonoxid, gasförmige anorganische Chlor- und Fluorverbindungen, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol, polychlorierte Biphenyle, und überwiegend in sehr geringen Konzentrationen polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (VDZ 2018).

### 4.1 Einmalige Exposition

Hierzu liegen keine Angaben vor.

## 4.2 Wiederholte Exposition

In einer Querschnittstudie mit 227 männlichen Arbeitern einer Zementfabrik aus den Vereinigten Arabischen Emiraten wurde der Zusammenhang zwischen der Exposition gegen Zementstaub und Lungenerkrankungen untersucht. Es waren 149 exponierte Arbeiter in der Produktion an Brechmaschinen ( $n = 18$ ), Rohmühlen ( $n = 28$ ), Öfen ( $n = 27$ ), Zementmühlen ( $n = 33$ ) und im Bereich Verpackung ( $n = 43$ ) tätig. Als Kontrollgruppe dienten 78 nicht-exponierte Arbeiter, die in der Fabrik in den Bereichen Administration, Finanzen und anderen Abteilungen beschäftigt waren. Personenbezogene Gesamtstaubmessungen wurden für zufällig ausgewählte Arbeiter in der Produktion durchgeführt. Mittels eines Fragebogens wurden demographische Daten, Arbeitsgeschichte, Verwendung von Atemschutzmasken (N95), Rauchverhalten und Atembeschwerden (Husten, Auswurf, chronische Bronchitis, Dyspnoe, Dyspnoegrad, Arzt diagnose Asthma, Auftreten von Keuchen/pfeifenden Geräuschen des Brustkorbs) ermittelt. Die Mehrheit der Arbeiter (89,9 % exponierte; 93,4 % nicht exponierte) waren Inder. Die exponierten Arbeiter waren weniger gut ausgebildet und im Mittel signifikant jünger (38,2 Jahre) als die nicht-exponierten Arbeiter (41,6 Jahre). 30 % der exponierten Arbeiter waren für mindestens 10 Jahre und 52 % der nicht-exponierten Arbeiter waren für mindestens fünf Jahre in der Fabrik beschäftigt. Bezüglich des Rauchens gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Nur 79,2 % der Produktionsarbeiter trugen die vorgeschriebenen Atemschutzmasken gelegentlich bis häufig. Die mittleren Konzentrationen der personenbezogenen Gesamtstaubmessungen lag im gesamten Produktionsbereich bei  $8,9 \text{ mg/m}^3$  (Brechmaschinen  $4,2 \text{ mg/m}^3$ , Öfen  $5,3 \text{ mg/m}^3$ , Zementmühlen  $7,0 \text{ mg/m}^3$ , Rohmühlen  $12,8 \text{ mg/m}^3$ , Verpackungsbereich  $15,2 \text{ mg/m}^3$ ). Die mittleren kumulativen Staubexpositionen betragen zwischen  $23,5 \text{ mg/m}^3 \times \text{Jahr}$  an Brechmaschinen und  $145,1 \text{ mg/m}^3 \times \text{Jahr}$  in der Verpackung. Für die Beschwerden bzw. Erkrankungen Husten, Atemnot und chronische Bronchitis ergab die Berechnung „roher“ (nicht adjustierter) Prävalenz-Odds-Ratios (OR) eine positive Expositions-Risiko-Beziehung. Nach Adjustierung für Rauchen (als dichotome Variable) fanden sich statistisch signifikant erhöhte ORs für den Zusammenhang zwischen Exposition und Husten und Auswurf sowie erhöhte Prävalenzen bezüglich Keuchen, Dyspnoe, Dyspnoegrad, chronischer Bronchitis und Asthma (Ahmed und Abdullah 2012). Diese Effekte wurden bei hohen Arbeitsplatzstaubkonzentrationen beobachtet, die jedoch zu einer Grenzwertableitung nicht verwendbar sind.

In einer Querschnittstudie wurden 100 offensichtlich gesunde Personen in einer Zementfabrik aus Pakistan (50 nichtrauchende Arbeiter, Alter  $36,86 \pm 1,50$  Jahre und 50 nichtrauchende Kontrollpersonen, Alter  $37,80 \pm 1,66$  Jahre) mittels Spirometrie untersucht. Die Lungenfunktion diente als Effektivparameter. Die Exposition wurde nur als Expositionszeitdauer erfasst. Arbeiter mit einer Beschäftigungsdauer von über 10 Jahren wiesen verglichen mit der entsprechenden Kontrollgruppe signifikant verringerte Werte für forcierte Vitalkapazität (FVC) und relative Einsekundenkapazität (FEV1) auf. Aufgrund der unzureichenden Beschreibung der Selektion des Kollektivs und fehlender Expositionsdaten ist diese Studie nicht für eine Grenzwertableitung für Portlandzement-Staub geeignet (Meo et al. 2013).

Eine weitere Studie untersuchte die Auswirkungen von Zementstaubexpositionen auf Bewohner in der Nähe indischer Zementfabriken (Gruppe 1: ca. 2 km entfernt, Gruppe 2 als Referenz: ca. 20 km entfernt). Luftqualitätsmessungen wurden von März bis Dezember 2011 durchgeführt. Die mittlere „einatembare“ Staubkonzentration in Gruppe 1 betrug  $664 \mu\text{g/m}^3$  und  $87,5 \mu\text{g/m}^3$  in Gruppe 2. Die Werte für die „nichtatembare“ Staubfraktion lagen bei  $543 \mu\text{g/m}^3$  und  $80 \mu\text{g/m}^3$ . Gesundheitliche Auswirkungen auf die Bewohner ( $n = 2000$ ; 1000 männliche, unregelmäßig arbeitende Arbeiter und Bauern; 1000 männliche, gut ausgebildete Beschäftigte) wurden mittels Fragebögen erfasst. In der benachbarten Region zeigten sich bei den Personen folgende und weitere Symptome wesentlich häufiger als in der Referenzgruppe: allergische Reaktionen, die die Atmung beeinträchtigten (96 %), chronische Bronchitis (57 %), Asthma (49 %), Emphysem (9 %), Pneumonie (21 %), Tuberkulose (19 %), Kurzatmigkeit (96 %), Husten (96 %), Keuchen (96 %), Brustkorbschmerzen (49 %), Herzklopfen (51 %), Schwellungen der Beine und Füße (43 %), hoher Blutdruck (85 %), Augenreizung (97 %), Hautallergien (95 %) und weitere Symptome. Von je 21 betroffenen und nicht-betroffenen Probanden wurden die Konzentrationen von Stickstoffmonoxid und reaktiven Sauerstoffspezies im Serum bestimmt. Beide Parameter zeigten in der höher belasteten Region höhere Werte als in der Referenzregion. Die mitgeteilten Expositionsdaten weisen auf hohe Belastungen durch Partikel,  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_2$  hin (Mehraj et al. 2013).

Diese Studie ist aufgrund der Heterogenität der Exposition nicht für eine Grenzwertableitung für Portlandzement-Staub geeignet.

In einer Querschnittstudie an Bewohnern einer ländlichen Region in Korea, die in einer Entfernung innerhalb von 1 km (höher exponierte Gruppe:  $n = 318$ , 59 % Männer und 41 % Frauen) und außerhalb von 5 km (niedrig exponierte Gruppe:  $n = 129$ , 65 % Männer und 35 % Frauen) von einer Zementfabrik lebten, wurden die Auswirkungen auf das pulmonale System untersucht. Die Anzahl der Personen, die valide prä- und post-Bronchodilatationstest-Ergebnisse aufwiesen, nahm mit ansteigendem Alter auf bis zu 47 % für männliche über 70-jährige höher exponierte Bewohner ab. Die mittleren FVC-Werte der postbronchodilatatorischen Messungen waren innerhalb aller Altersklassen (bis 59 Jahre, 60 bis 69 Jahre, > 70 Jahre) in der höher exponierten Gruppe signifikant geringer. Keine signifikanten Unterschiede bei den FEV<sub>1</sub>-Werten gab es bei den Frauen in diesen Altersgruppen. Obstruktive Ventilationsstörungen (FEV<sub>1</sub>/FVC < 0,7) traten bei 9,7 % der Personen in der höher exponierten Gruppe (OR = 1,60; 95%-KI: 0,70–3,65) und bei 8,5 % in der niedrig exponierten Gruppe auf, während restriktive Ventilationsstörungen (FEV<sub>1</sub>/FVC  $\geq$  0,7, FVC % Soll < 80 %) für 21,6 % der Personen in der höher exponierten Gruppe (OR = 2,55; 95%-KI: 1,37–4,76) und für 12,4 % in der niedrig exponierten Gruppe ermittelt wurden. Bei den obstruktiven Ventilationsstörungen spielte das Rauchverhalten eine statistisch signifikant wichtige Rolle (Ex-/Raucher: OR = 3,10; 95%-KI: 1,10–8,66). Der Anteil an Ventilationsstörungen war mit 31,3 % in der höher exponierten Gruppe statistisch signifikant höher (OR = 2,63; 95%-KI: 1,5–4,61) als in der niedrig exponierten Gruppe (20,9 %). Zudem waren Männer (OR = 3,30; 95%-KI: 1,68–6,48; vgl. mit Frauen), ältere Menschen (60–69 Jahre OR = 2,92; 95%-KI: 1,53–5,56; über 70 Jahre OR = 7,03; 95%-KI: 3,71–13,32; vgl. mit < 60 Jahre) und Ex-/Raucher (OR = 1,44; 95%-KI: 0,72–2,84) häufiger betroffen. Innerhalb der Studie wurde an insgesamt 21 Tagen (alle 7 Tage) von Juni bis Oktober die Partikelkonzentration in der Luft bestimmt. Die mittleren Konzentrationen der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> betragen im Bereich der hoch exponierten Gruppe 45,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (95%-KI: 37,8–53,3) und im Bereich der niedrig exponierten Gruppe 38,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (95%-KI: 32,3–44,7), für die PM<sub>2,5</sub>-Fraktion dagegen 25,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (95%-KI: 18,7–32,3) bzw. 19,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (95%-KI: 14,1–24,6). Genauere Angaben bezüglich der Expositionshöhe sowie dazu, gegen welche Substanzen die Bewohner im Detail exponiert waren, liegen nicht vor (Kim et al. 2015). Diese Studie zeigt Effekte, die aber durch offensichtliche Einschränkungen in der Qualität der Lungenfunktionsmessungen und der Heterogenität der Exposition nicht für eine Grenzwertbetrachtung geeignet sind.

Eine Zusammenfassung von 26 epidemiologischen Studien wurde in Form eines systematischen Reviews von Fell und Nordby (2017) publiziert. Die Autoren schlussfolgern, dass zahlreiche Studien Schwächen aufweisen, die keine eindeutige Empfehlung für einen Grenzwert ermöglichen würden. Allerdings wären durchaus dosisabhängige Effekte nach Zementstaubexposition in Konzentrationsbereichen von 2,2 bis 5,4 mg einatembarem Staub/m<sup>3</sup> zu erkennen.

### 4.3 Kanzerogenität

In eine Metaanalyse zum Zusammenhang zwischen Portlandzement-Staub-Exposition und Krebserkrankungen wurden 14 Kohortenstudien und 12 Fall-Kontroll-Studien einbezogen. Unter den betrachteten Studien befinden sich auch die nachfolgend dargestellten Kohortenstudien von Koh et al. (2011, 2013) und Giordano et al. (2012). An mehreren Stellen wird die Methodik eines systematischen Reviews nicht adäquat umgesetzt: So fehlt offensichtlich der Abgleich der Titel und Abstracts sowie der Volltexte, und es fehlt eine Qualitätsbewertung der einbezogenen Studien. Für unterschiedliche Effektschätzungen (Odds Ratio (OR), standardisiertes Mortalitätsverhältnis (SMR), standardisiertes Inzidenzverhältnis (SIR)) werden getrennte aggregierte Effektschätzungen berechnet, was die Power der Metaanalyse mindert. Im Ergebnis finden die Autoren ein statistisch grenzwertig signifikant erhöhtes SIR für Lungenkrebs (SIR = 1,32; 95%-KI: 1,00–1,76). Das SMR war nicht erhöht (SMR = 0,93; 95%-KI: 0,62–1,39). Für Larynxkrebs finden sich ein statistisch nicht signifikantes OR von 1,12; 95%-KI: 0,76–1,65 und ein statistisch nicht signifikantes SIR von 1,03 (95%-KI: 0,46–2,33). Einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Portlandzement-Staub-Exposition zeigt das SIR für Kolonkrebs (SIR = 1,38; 95%-KI: 1,02–1,88). Das SMR (SMR = 1,05; 95%-KI: 0,79–1,40) ist statistisch nicht signifikant erhöht. Risikoschätzungen um die 1 ergeben sich für

Krebserkrankungen insgesamt. Die Autoren weisen auf Heterogenitäten der Studien in mehreren Auswertungen hin (Cohen et al. 2014). Insgesamt findet das methodische Mängel aufweisende Review kein eindeutig erhöhtes Krebsrisiko nach einer Zementstaubexposition. Den gefundenen Risikoerhöhungen in einigen Analysen sollte jedoch in zukünftigen Studien weiter nachgegangen werden.

### 4.3.1 Fall-Kontroll-Studien

Hierzu liegen keine neuen Daten vor.

### 4.3.2 Kohortenstudien

In einer retrospektiven Kohortenstudie mit männlichen Arbeitern koreanischer Portlandzementfabriken wurde der Zusammenhang von Portlandzement-Staub-Exposition und dem Auftreten von Krebserkrankungen untersucht. Hierfür wurden eine Krebs-Mortalitätskohorte ( $n = 5146$ ), bestehend aus Arbeitern, die mindestens einen Tag im Zeitraum von 1992 bis 2002 in einer von vier Portlandzementfabriken tätig waren, sowie eine Krebs-Inzidenzkohorte ( $n = 5596$ ), bestehend aus Arbeitern, die mindestens einen Tag im Zeitraum von 1988 bis 2005 in einer von sechs Portlandzementfabriken beschäftigt waren, verwendet. Als Referenz wurden Daten über die männliche koreanische Bevölkerung aus demselben Zeitraum herangezogen. Informationen bezüglich der Arbeitstätigkeit und der Anstellungsdauer wurden von den Unternehmen erhalten, wobei keine Beschäftigungs-Historie mitgeteilt wurde. Die Arbeiter waren im Produktionsprozess im Steinbruch hauptsächlich gegen Kalkstein und während des Brennens in den Öfen bis zur Verpackung des kommerziellen Produktes hauptsächlich gegen Zementstaub, der auch Chrom(VI) enthalten kann, exponiert. Die Arbeiter wurden in die Expositionsgruppen Steinbruch, Produktion (beinhaltet das Arbeiten an allen Produktionsprozessen bis hin zur Verpackung), Instandhaltung und Labor (chemische Analyse der Zemente und Nebenprodukte) eingeteilt. Der Anteil an Arbeitern in der Produktion war in beiden Gruppen mit circa 40 % hoch. Das SMR für alle Mortalitätsursachen war mit 0,83 (95-%-KI: 0,68–1,01) niedriger als das der Allgemeinbevölkerung, das SIR für alle Krebsarten dagegen war gleich (SIR = 1,01; 95-%-KI: 0,87–1,18). Die Mortalität durch Krebserkrankungen an den Atemwegen war nicht statistisch signifikant erhöht (SMR = 1,25; 95-%-KI: 0,66–2,13). Die Inzidenz für Magenkrebs war in der Produktion statistisch signifikant erhöht (SIR = 1,56; 95-%-KI: 1,02–2,26) und in der Instandhaltung nicht statistisch signifikant erhöht (SIR = 1,46; 95-%-KI: 0,67–2,76). In der letztgenannten Gruppe war zudem die Inzidenz für Krebserkrankungen der Leber, Gallengänge und -blase nicht statistisch signifikant erhöht (SIR = 1,68; 95-%-KI: 0,77–3,18). Daten zum Rauchverhalten der Arbeiter oder Expositionsdaten lagen in der Studie nicht vor (Koh et al. 2011). Daher sind die Ergebnisse schwer interpretierbar.

In einer retrospektiven Kohortenstudie wurden die Daten von 1324 männlichen Arbeitern (19–72 Jahre, mittleres Alter  $39,9 \pm 17,5$  Jahre) zweier Portlandzementfabriken aus Nord-Choongchung in Korea, die im Zeitraum von 1997 bis 2005 dort beschäftigt waren, einbezogen. Zwei der sechs Zementfabriken der vorgenannten Kohortenstudie von Koh et al. (2011) wurden ausgewählt, da in diesen Berufsanamnesen und Expositionsmessungen vorlagen. Hier wurden zweimal im Jahr von einer externen Firma Untersuchungen durchgeführt, wobei die Daten aus dem Zeitraum von 2004 bis 2008 in beiden Fabriken zur Bestimmung der kumulativen Staubexposition verwendet wurden. Hierzu gab es personenbezogene Luftmessungen. Die Einteilung der Arbeiter erfolgte in die Expositionsgruppen Steinbruch, Rohmühle, Öfen/Zementmühle/Verpackung, Instandhaltung und Labor. Als Referenzgruppe dienten Büromitarbeiter der Fabriken. Insgesamt fanden sich 52 Krebsfälle bei einer Gesamtanzahl an Personen-Jahren von 11 243. Die Staubbelastung im Bereich Öfen/Zementmühle/Verpackung war mit einer mittleren Gesamtstaubkonzentration von  $2,36 \pm 2,17 \text{ mg/m}^3$  (Fabrik A) und  $2,33 \pm 2,19 \text{ mg/m}^3$  (Fabrik B) am höchsten. Die mediane kumulative Staubexposition wurde ermittelt und  $11,61 \text{ mg/m}^3 \times \text{Jahr}$  als Abschneidekriterium für die Einteilung in Hoch- und Niedrigexponierte verwendet. Die Inzidenz für alle Krebserkrankungen sowie für Rektalkarzinomerkrankungen war statistisch signifikant erhöht (SIR = 1,35; 95-%-KI: 1,01–1,78 bzw. SIR = 3,05; 95-%-KI: 1,32–6,02), jedoch in den einzelnen Gruppen Niedrigexponierte (SIR = 1,23; 95-%-KI: 0,69–2,03 bzw. SIR = 3,66; 95-%-KI: 0,75–10,69) und Hochexponierte (SIR = 1,41; 95-%-KI: 0,99–1,95 bzw. SIR = 2,78; 95-%-KI: 0,90–6,48) nicht statistisch signifikant. Erhöht war zudem die Inzidenz für Magenkrebs (statistisch signifikant; SIR = 2,18; 95-%-KI: 1,19–3,65) und für Krebserkrankungen der Atemwege (nicht statistisch signifikant; SIR = 1,50;

95%-KI: 0,55–3,26) in der Gruppe der hochexponierten Arbeiter. Die Autoren geben als Mängel der Studie an, dass keine Informationen zum Rauchverhalten der Arbeiter und zu anderen Confoundern, wie z. B. Helicobacter pylori-Infektion vorlagen. Zudem basierte die Klassifizierung der Expositionsgruppen auf der kumulativen Staubexposition der letzten fünf Jahre und kann somit den zeitlichen Verlauf nicht widerspiegeln (Koh et al. 2013, 2015). Die Studie ist durch eine relativ kleine Fallzahl limitiert. Das Ergebnis für Magenkrebs basiert auf 14 Fällen. Weitere Studien sind zur Klärung dieser Ergebnisse nötig.

In einer Kohortenstudie wurden die Auswirkungen einer Portlandzement-Staub-Exposition auf 748 männliche Arbeiter einer Zementfabrik in Rom untersucht, die in den Jahren von 1940 bis 2006 beschäftigt waren. Die Portlandzementproduktion beinhaltete alle Prozessschritte von der Extraktion des Rohmaterials bis hin zum Zementverkauf. Die Arbeiter konnten in folgende Gruppen eingeteilt werden: hoch exponierte, unausgebildete Arbeiter (87 %, n = 652), die für mindestens 10 Jahre direkt in der Zementproduktion tätig waren; gering exponierte Techniker (3 %, n = 19) und Beschäftigte oder Ingenieure (10 %, n = 77) im Bereich der Administration. Als Referenzgruppe wurden Bevölkerungsdaten der Region Latium herangezogen. Bei 39 Arbeitern konnte eine frühere Asbest-Exposition nicht ausgeschlossen werden. 280 Arbeiter aus der Untersuchungsperiode waren bereits verstorben, wobei in 9 Fällen (3 %) die Todesursache nicht geklärt werden konnte. Zu den hauptsächlichen Todesursachen zählten Erkrankungen des kardiovaskulären Systems (43 %), der Atemwege (12 %), des Verdauungssystems (6 %), Krebs (24 %), endokrine, metabolische und ernährungsbedingte Erkrankungen (4 %), äußere Verletzungen (4 %) und andere Ursachen (4 %). Die Gesamtmortalität der Kohorte (SMR = 0,87; 95%-KI: 0,77–0,98), die Mortalität an allen Krebserkrankungen (SMR = 0,64; 95%-KI: 0,48–0,82) sowie die Mortalität an Krebserkrankungen von Lippen, Mundhöhle und Pharynx (SMR = 0,59; 95%-KI: 0,39–0,92) und Larynx/Trachea/Bronchus/Lunge (SMR = 0,56; 95%-KI: 0,32–0,89) waren im Vergleich zur Referenzgruppe statistisch signifikant geringer. Diesbezüglich weisen die Autoren auf einen möglichen Healthy-Worker-Effect hin. Jedoch waren bei den Zementfabrikarbeitern die SMR für maligne Neoplasmen des lymphoiden/hämatopoetischen Systems (SMR = 1,42; n = 9) und für Atemwegserkrankungen (SMR = 1,41; n = 29) erhöht. Unter den neun Arbeitern, die an malignen Tumorerkrankungen des lymphoiden/hämatopoetischen Systems starben, waren acht Arbeiter gegen Portlandzement-Staub hoch exponiert. Ein Arbeiter war zuvor in einer Zement-Asbest-Produktionsfabrik beschäftigt. Angaben zum Rauchverhalten lagen nicht vor (Giordano et al. 2012). Diese Studie enthält keine Angaben zur Expositionshöhe.

## 5 Tierexperimentelle Befunde und In-vitro-Untersuchungen

Hierzu liegen keine neuen Daten vor.

## 6 Bewertung

Kritische Effekte des Portlandzement-Staubs sind irritative und entzündliche Reaktionen besonders im oberen Respirationstrakt.

**MAK-Wert.** Aus den vorliegenden epidemiologischen Studien kann keine NOAEC für Portlandzement-Staub abgeleitet werden. Daher kann kein MAK-Wert aufgestellt werden.

**Krebserzeugende Wirkung.** Tierversuche zur kanzerogenen Wirkung von Portlandzement-Staub liegen nicht vor. Es gibt Hinweise aus epidemiologischen Studien auf ein erhöhtes Kehlkopfkrebsrisiko (Hartwig 2012) für die Berufsgruppe der Bauarbeiter, die gegen Portlandzement-Staub und auch gegen Kalk exponiert waren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Arbeiter wahrscheinlich auch gegen andere Kanzerogene exponiert waren. Der Wirkungsmechanismus der Tumorentstehung ist nicht bekannt. Da ein Verdacht auf eine krebserzeugende Wirkung von Portlandzement-Staub nicht ausgeschlossen werden kann, wird die Einstufung in Kanzerogenitäts-Kategorie 3 B beibehalten.

**Keimzellmutagene Wirkung.** Da keine neuen Studien vorliegen, wird Portlandzement-Staub auch weiterhin nicht in eine Kategorie für Keimzellmutagene eingeordnet.

## Literatur

- Ahmed HO, Abdullah AA (2012) Dust exposure and respiratory symptoms among cement factory workers in the United Arab Emirates. *Ind Health* 50: 214–222. DOI: [10.2486/indhealth.ms1320](https://doi.org/10.2486/indhealth.ms1320)
- Cohen SS, Sadoff MM, Jiang X, Fryzek JP, Garabrant DH (2014) A review and meta-analysis of cancer risks in relation to Portland cement exposure. *Occup Environ Med* 71: 796–802. DOI: [10.1136/oemed-2014-102193](https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102193)
- Fell AKM, Nordby KC (2017) Association between exposure in the cement production industry and non-malignant respiratory effects: a systematic review. *BMJ Open* 7: e012381. DOI: [10.1136/bmjopen-2016-012381](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012381)
- Giordano F, Dell’Orco V, Fantini F, Grippo F, Perretta V, Testa A, Figà-Talamanca I (2012) Mortality in a cohort of cement workers in a plant of central Italy. *Int Arch Occup Environ Health* 85: 373–379. DOI: [10.1007/s00420-011-0678-8](https://doi.org/10.1007/s00420-011-0678-8)
- Hartwig A (Hrsg) (2012) Portlandzement-Staub. In: *Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe, Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten*, 53. Lieferung. Wiley-VCH, Weinheim. Auch erhältlich unter DOI: [10.1002/3527600418.mb6599715stad0053](https://doi.org/10.1002/3527600418.mb6599715stad0053)
- Informationszentrum Beton (2017) Zemente und ihre Herstellung. Zement-Merkblatt, Betontechnik, B 1, 9.2017. <http://www.beton.org/fileadmin/beton-org/media/Dokumente/PDF/Service/Zementmerkl%C3%A4tter/B1.pdf>, abgerufen am 24 Okt 2018
- Kim SH, Lee CG, Song HS, Lee HS, Jung MS, Kim JY, Park CH, Ahn SC, Yu SD (2015) Ventilation impairment of residents around a cement plant. *Ann Occup Environ Med* 27: 3. DOI: [10.1186/s40557-014-0048-6](https://doi.org/10.1186/s40557-014-0048-6)
- Koh D-H, Kim T-W, Jang SH, Ryu H-W (2011) Cancer mortality and incidence in cement industry workers in Korea. *Saf Health Work* 2: 243–249. DOI: [10.5491/SHAW.2011.2.3.243](https://doi.org/10.5491/SHAW.2011.2.3.243)
- Koh D-H, Kim T-W, Jang SH, Ryu H-W (2013) Dust exposure and the risk of cancer in cement industry workers in Korea. *Am J Ind Med* 56: 276–281. DOI: [10.1002/ajim.22132](https://doi.org/10.1002/ajim.22132)
- Koh D-H, Kim T-W, Jang SH, Ryu H-W, Park D (2015) Comparison of grouping schemes for exposure to total dust in cement factories in Korea. *Ann Occup Hyg* 59: 853–861. DOI: [10.1093/annhyg/mev033](https://doi.org/10.1093/annhyg/mev033)
- Mehraj SS, Bhat GA, Mehraj Balkhi H, Gul T (2013) Health risks for population living in the neighborhood of a cement factory. *Afr J Environ Sci Technol* 7: 1044–1052
- Meo SA, Al-Drees AM, Al Masri AA, Al Rouq F, Azeem MA (2013) Effect of duration of exposure to cement dust on respiratory function of non-smoking cement mill workers. *Int J Environ Res Public Health* 10: 390–398. DOI: [10.3390/ijerph10010390](https://doi.org/10.3390/ijerph10010390)
- VDZ (Verein deutscher Zementwerke) (2018) Umweltdaten der deutschen Zementindustrie – Environmental data of the German cement industry, 2018. [https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/umweltschutz/Umweltdaten/VDZ\\_Umweltdaten\\_Environmental\\_Data\\_2018.pdf](https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/umweltschutz/Umweltdaten/VDZ_Umweltdaten_Environmental_Data_2018.pdf), abgerufen am 27 Okt 2020