

The MAK Collection for Occupational Health and Safety

Magnesiumoxid, unlöslich (Sintermagnesia) (alveolengängige Fraktion)

MAK-Begründung, Nachtrag

A. Hartwig^{1,*}, MAK Commission^{2,*}

¹ Vorsitz 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

² Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Kennedyallee 40, 53175 Bonn

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

Keywords: Magnesiumoxid; MAK-Wert; maximale Arbeitsplatzkonzentration; Allgemeiner Staubgrenzwert, alveolengängige Fraktion; Spitzenbegrenzung; Entwicklungstoxizität; Kanzerogenität

Citation Note: Hartwig A, MAK Commission. Magnesiumoxid, unlöslich (Sintermagnesia) (alveolengängige Fraktion). MAK-Begründung, Nachtrag. MAK Collect Occup Health Saf [Original-Ausgabe. Weinheim: Wiley-VCH; 2018 Apr;3(2):722-729]. Korrigierte Neuveröffentlichung ohne inhaltliche Bearbeitung. Düsseldorf: German Medical Science; 2026. https://doi.org/10.34865/mb130948stad0065_w

Neuveröffentlichung (Online): 06 Mrz 2026

Vormals erschienen bei Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; <https://doi.org/10.1002/3527600418.mb130948stad0065>

Addendum abgeschlossen: 22 Mrz 2017

Erstveröffentlichung (Online): 24 Apr 2018

Zur Vermeidung von Interessenkonflikten hat die Kommission Regelungen und Maßnahmen etabliert.



Dieses Werk ist lizenziert unter einer
Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz.

Magnesium oxide, insoluble (Sintermagnesite)¹⁾ / Oxomagnesium (respirable fraction)

[Magnesiumoxid, unlöslich (Sintermagnesia) (alveolengängige Fraktion)]

MAK Value Documentation in German language

A. Hartwig^{1,*}, MAK Commission^{2,*}

DOI: 10.1002/3527600418.mb130948stad0065

Abstract

The German Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area has reevaluated Magnesium oxide. Magnesium oxide, sintermagnesite [1309-48-4], is a biopersistent granular dust. Therefore, the respirable fraction of magnesium oxide dust has been classified in Carcinogen Category 4 and a MAK value of $0.3 \text{ mg/m}^3 \times \text{material density}$ was established for the respirable fraction in analogy to the other biopersistent granular dusts. Additionally for this fraction the Peak Limitation Category II with an excursion factor of 8 was established. Since magnesium oxide is not systemically distributed and accumulates only locally in the lungs, no developmental effects due to this dust are expected to occur at the MAK value of $0.3 \text{ mg/m}^3 \times \text{material density}$ (respirable, R-fraction). Magnesium oxide has accordingly been classified in Pregnancy Risk Group C. Magnesium oxide is not designated with either "Sa" or "Sh" or "H".

Keywords

Magnesiumoxid; Sintermagnesia; Wirkungsmechanismus; Toxikokinetik; Metabolismus; (sub)akute Toxizität; (sub)chronische Toxizität; Genotoxizität; Kanzerogenität; Spitzenbegrenzung; fruchtschädigende Wirkung; krebserzeugende Wirkung; keimzellmutagene Wirkung; Hautresorption; sensibilisierende Wirkung; Arbeitsstoff; maximale Arbeitsplatzkonzentration; MAK-Wert; Toxizität; Gefahrstoff

Author Information

¹ Vorsitzende der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Institut für angewandte Biowissenschaften, Abteilung Lebensmittelchemie und Toxikologie, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Adenauererring 20a, Geb. 50.41, 76131 Karlsruhe

² Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Kennedyallee 40, 53175 Bonn

* Email: A. Hartwig (andrea.hartwig@kit.edu), MAK Commission (arbeitsstoffkommission@dfg.de)

1) The reevaluation refers exclusively to highly glowing MgO (dead burned respectively sintermagnesite).

Magnesiumoxid, unlöslich (Sintermagnesia)¹⁾ (alveolengängige Fraktion)

[1309-48-4]

Nachtrag 2017

MAK-Wert (2017) **0,3 mg/m³ A x Materialdichte²⁾**
Spitzenbegrenzung (2017) **Kategorie II, Überschreitungsfaktor 8**

Hautresorption –
Sensibilisierende Wirkung –
Krebserzeugende Wirkung (2017) **Kategorie 4**
Fruchtschädigende Wirkung (2017) **C**
Keimzellmutagene Wirkung –

Chemische Bezeichnung	Magnesiumoxid
Molmasse	40,32 g/mol
Dichte bei 20 °C	3,58 g/cm ³ (25 °C)
Löslichkeit	hochgeglühtes MgO („dead burned“) ist in Wasser nahezu unlöslich (GESTIS 2015)

Seit der ersten Begründung aus dem Jahr 1985 und den Nachträgen aus den Jahren 1999 und 2009 wurde der Grenzwert für die A-Fraktion von granulären biobeständigen Stäuben (Nachtrag „Allgemeiner Staubgrenzwert (A-Fraktion) (Granuläre biobeständige Stäube (GBS))“ 2012) herabgesetzt. Magnesiumoxid wird im Folgenden auf die Zugehörigkeit zu den GBS geprüft.

1) Der Nachtrag bezieht sich ausschließlich auf hochgeglühtes MgO („dead burned“ bzw. Sintermagnesia).

2) Die Wirkung von Magnesiumoxid beruht auf der Wirkung der granulären biobeständigen Stäube (GBS). Der Wert von 0,3 mg/m³ für die A-Fraktion gilt für eine Materialdichte von 1 g/cm³.

Allgemeines

Magnesiumoxid (MgO) entsteht neben Magnesiumnitrid (Mg_3N_2) beim Verbrennen von Magnesium. Reines Magnesiumoxid wird beim Erhitzen von Magnesiumhydroxid oder Magnesiumcarbonat erhalten. Erfolgt die Reaktion bei Temperaturen von bis zu 900°C , entsteht eine mit Wasser reagierende Verbindung, die sogenannte „kausische Magnesia“ („light burned“). Erst beim Erhitzen auf mehr als 1600°C entsteht durch Sinterungsprozesse ein chemisch inertes und hochtemperaturbeständiges Magnesiumoxid („dead burned“), das bei der Herstellung feuerfester Steine und Tiegel Anwendung findet. Schätzungsweise werden etwa 65 % des gesamten MgO -Verbrauchs für Hochtemperaturprozesse eingesetzt, vorwiegend in der Eisen- und Stahlindustrie. Magnesiumoxid kristallisiert in der kubischen NaCl -Struktur.

1 Allgemeiner Wirkungscharakter

Magnesiumoxid-Partikel werden inhalativ und oral aufgenommen. Eine dermale Aufnahme ist nicht bekannt. Hochgeglühte MgO -Partikel sind chemisch inert. Sie sind schwerlösliche Stäube, die ebenso wie granuläre biobeständige Stäube allgemeine Partikeleffekte zeigen. Die Partikel können wie andere inhalierte schwerlösliche Stäube in der Lunge und den Lymphknoten akkumulieren und eine Beeinträchtigung der Clearance-Funktion in der Lunge verursachen (Begründung „Allgemeiner Staubgrenzwert (A-Fraktion) Granuläre biobeständige Stäube (GBS)“ 2012).

Es sind keine genotoxischen Wirkungen von Magnesiumoxid bekannt.

Da Magnesiumoxid-Partikel schwerlösliche granuläre biobeständige Stäube sind, ist bei einer Überlastung der Lungenclearance eine partikelbedingte Tumorentstehung zu erwarten.

Magnesiumoxid ist nicht reproduktionstoxisch und nicht sensibilisierend (siehe Nachtrag „Magnesiumoxid“).

Bei den im Folgenden zitierten Studien ist die genaue Art des verwendeten Magnesiumoxids nicht eindeutig. Daher sind diese Studien für eine Bewertung nur von eingeschränkter Bedeutung.

2 Wirkungsmechanismus

Siehe Nachtrag „Allgemeiner Staubgrenzwert (A-Fraktion) Granuläre biobeständige Stäube (GBS)“ 2012.

3 Toxikokinetik und Metabolismus

Siehe Nachtrag „Allgemeiner Staubgrenzwert (A-Fraktion) Granuläre biobeständige Stäube (GBS)“ 2012.

4 Erfahrungen beim Menschen

4.1 Einmalige Exposition

In einer Studie wurden sechs Probanden kontrolliert über eine Gesichtsmaske mit Mundöffnung gegen Magnesiumoxid-Rauch exponiert. Drei der Probanden waren ehemalige Raucher. Die Partikelgrößen in den Rauchen waren unterschiedlich: 28 % hatten einen Durchmesser von $<0,1 \mu\text{m}$, über 98 % waren im Durchmesser unter $2,5 \mu\text{m}$. Die Expositionsdauer (15 bis 45 Minuten) und die Konzentrationen (5,8 bis 230 mg/m^3 , mediane Konzentration $133,0 \text{ mg/m}^3$) wurden bei den 6 Probanden unterschiedlich gewählt, um verschiedene kumulative Magnesiumdosen für die einzelnen Probanden zu erreichen (von min. 261 bis max. $6435 \text{ min} \times \text{mg/m}^3$). Bei den Studienteilnehmern wurden 18 bis 20 Stunden nach der Exposition die Lungenfunktion, das periphere Blut und die Bronchio-alveoläre Lavage (BAL) untersucht. Jeder Proband war seine eigene Kontrolle. Die Kontroll(Basis)werte für die Lungenfunktion und das periphere Blut wurde vor Expositionsbeginn erhoben und für die BAL 28 Tage nach Exposition. Keiner der Probanden zeigte eine Änderung bei der Lungenfunktion inklusive der CO-Diffusionskapazität. Das Blutbild sowie die Anzahl der polymorphkernigen Leukozyten (Granulozyten) zeigten keine Veränderungen. In der BAL wurden keine signifikanten Unterschiede bei den Interleukin-Konzentrationen (IL-1, IL-6, IL-8), dem Tumornekrosefaktor, der Anzahl an Neutrophilen, Makrophagen und Lymphozyten sowie dem Proteingehalt im Vergleich zu den Kontrolldaten festgestellt. Die Autoren schlussfolgern, dass die Kurzzeitexposition von maximal 45 Minuten gegen eine Mischung aus feinem und ultrafeinem MgO in hohen Konzentrationen auch in der BAL keine messbaren Entzündungsreaktionen in der Lunge hervorruft (Kuschner et al. 1997).

4.2 Wiederholte Exposition

In einem Übersichtsartikel wurden einige wenige epidemiologische Studien an Arbeitern aus der Magnesit-verarbeitenden Industrie beschrieben. Hierbei waren Arbeiter entweder beim Erzbau in Bergwerken gegen Magnesitstäube (MgCO_3) exponiert oder gegen das Staubaerosol, das während des Kalzinierens des Magnesiterzes bei etwa 800°C entsteht. Magnesiterz enthält hauptsächlich MgO. Analysierte Staubproben enthielten bis zu 88,52 % Magnesiumoxid, aber auch Eisenoxide, Calciumoxid, Aluminiumoxid und Quarz. In den Studien traten nach Exposition gegen die Stäube, abhängig von der Expositionsdauer, vermehrt Fälle von chronischer Bronchitis sowie signifikant erhöhte Inzidenzen von Darm- und Magengeschwüren auf. In einer weiteren Studie wurden im Serum der Probanden Magnesium-Konzentrationen ermittelt, die um das Dreifache über dem Normwert lagen. Daneben traten erhöhte Inzidenzen für Lungenemphyseme und chronische Bronchitis auf. Die Beobachtungsdauer in dieser Studie ging über einen Zeitraum von einem Jahr. Die in dem Übersichtsartikel zitierten Originalarbeiten liegen nicht vor (Übersichtsartikel: Reichrtová und Takác 1992). Da es sich um Mischexpositionen handelte, können die Daten zur Bewertung nicht herangezogen werden.

4.3 Wirkung auf Haut und Schleimhäute

Hierzu liegen keine neuen Daten vor.

4.4 Allergene Wirkung

Hierzu liegen keine neuen Daten vor.

4.5 Reproduktionstoxizität

Hierzu liegen keine neuen Daten vor.

4.6 Genotoxizität

Hierzu liegen keine neuen Daten vor.

4.7 Kanzerogenität

In einer norwegischen Fabrik zur Herstellung von Magnesium wurde unter 2391 Arbeitern eine Studie zur Krebsinzidenz durchgeführt. In die Studie wurden ausschließlich Arbeiter aufgenommen, die zwischen 1951 und 1974 mindestens ein Jahr in dem Betrieb gearbeitet hatten. Insgesamt umfasste die Studie 52 733 Personennjahre. Die Kohorte wurde von 1953 bis 1984 untersucht. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 152 neue Krebsfälle beobachtet, gegenüber 132,6 erwarteten. In der Lunge traten 32 Krebsfälle auf, gegenüber 18,2 erwarteten. Vorwiegend gegen Magnesiumoxid und Kohlestaub waren 393 der Beschäftigten exponiert (eingestuft über die Dauer der verschiedenen Expositionen). In dieser Expositionsgruppe wurden 35 neue Krebsfälle beobachtet, gegenüber 25,2 erwarteten. Daraus errechnet sich eine statistisch grenzwertige, signifikant erhöhte SIR von 1,4 (95 %-Konfidenzintervall 1,0–1,9). Die Inzidenzen für Lungenkrebs und Magenkrebs waren jedoch statistisch nicht signifikant auf etwa das Doppelte der erwarteten Fallzahl erhöht. In dieser Studie wird der Herstellungsprozess beschrieben. Während des Prozesses wurden Temperaturen von 1100 bis 1200 °C erreicht. Somit handelte es sich in der Studie nicht um hochgeglühtes MgO. Außerdem lag eine Mischexposition vor, da die Arbeiter u. a. gegen Asbest, PAH, Kohlenteer und Hexachlorbenzol exponiert waren (Heldaas et al. 1989).

5 Tierexperimentelle Befunde und In-vitro-Untersuchungen

5.1 Akute Toxizität

Hierzu liegen keine neuen Daten vor.

5.2 Subakute, subchronische und chronische Toxizität

Je 48 Hamstern wurden 3 mg MgO (k. w. A.) mit unterschiedlicher Partikelgröße intratracheal einmal pro Woche über die gesamte Lebenszeit appliziert. Die Partikelgröße lag zum größten Teil zwischen 1 und 25 µm: 90 % der Partikel hatten eine Größe <25 µm, 46 % <10 µm, 18 % <5 µm und 1 % <1 µm. Am Behandlungsende zeigten die histopathologischen Untersuchungen leichte Metaplasien der tracheobronchialen und moderate Hyperplasien der alveolären Bereiche (k. w. A., NTP 2000).

5.3 Wirkung auf Haut und Schleimhäute

Hierzu liegen keine neue Daten vor.

5.4 Allergene Wirkung

Hierzu liegen keine neue Daten vor.

5.5 Reproduktionstoxizität

Hierzu liegen keine neue Daten vor.

5.6 Genotoxizität

In einem bakteriellen Mutagenitätstest mit *Salmonella typhimurium* TA102 wurden Magnesiumoxid-Partikel mit einer mittleren Größe von 3,6 µm untersucht. Es wurden Konzentrationen von 0; 2,5; 5 oder 10 mg/ml verwendet. MgO erwies sich mit und ohne metabolische Aktivierung als nicht mutagen (Sawai et al. 1998).

5.7 Kanzerogenität

In einer Studie zur Kanzerogenität an Ratten ergaben sich bei subkutaner Applikation von MgO (k. w. A.) negative Ergebnisse. In der Studie fehlen jedoch Angaben über die Dosierung sowie über den Untersuchungsumfang (Maltoni et al. 1991).

5.8 Sonstige Wirkungen

In Endothelzellen aus Nabelschnurvenen des Menschen bewirkten Konzentrationen oberhalb von 500 µg MgO/ml (Partikelgröße überwiegend 100 nm) über Zeiträume von 1, 3, 5 und 7 Tagen zeitabhängige zytotoxische Effekte im MTT-Test (3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl-3-h-tetrazoliumbromid-Test). Darüber hinaus zeigte sich ab 200 µg MgO/ml nach 24 Stunden eine Erhöhung der NO-Konzentration in den Zellen. Theoretisch kann die erhöhte NO-Konzentration die

Thrombozyten-Leukozyten-Adhäsion verbessern und dadurch Zellschäden verringern. Die Studie zeigte, dass MgO-Nanopartikel in vitro erst in hohen Konzentrationen zytotoxisch wirken (Ge et al. 2011).

In RAW-264.7-Zellen, einer makrophagenähnlichen murinen Zelllinie, bewirkten MgO-Nanopartikel (k. w. A.) mit einer mittleren Partikelgröße von 8 nm in Konzentrationen von 1, 5, 10, 40 sowie 80 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ über einen Zeitraum von 4, 6 und 24 Stunden keine Apoptose (Wilhelmi et al. 2012).

6 Bewertung

MAK-Wert. Hochgeglühtes Magnesiumoxid („dead-burned“, Sintermagnesia) ist nahezu unlöslich und wirkt bei inhalativer Exposition aufgrund des allgemeinen Partikeleffekts von granulären biobeständigen Stäuben auf die Lunge. Magnesium ist ein essentielles Spurenelement. Magnesiumverbindungen werden als Nahrungsergänzungs- und Arzneimittel, auch in Selbstmedikation, von vielen Menschen oral aufgenommen. Da hochgeglühtes Magnesiumoxid nahezu unlöslich und damit praktisch nicht bioverfügbar ist, sind Einflüsse auf die Magnesium-Homöostase und systemische Effekte infolge der Staubinhalation nicht zu erwarten. Für Magnesiumoxid-Staub gilt daher der Allgemeine Staubgrenzwert von $0,3 \text{ mg}/\text{m}^3 \times \text{Materialdichte}$ für die alveolengängige Fraktion. Würde man die Ergebnisse der kontrollierten klinischen Studie von Kuschner et al. (1997) ($133 \text{ mg}/\text{m}^3$ über 45 Minuten ohne Effekte) linear auf den sich ergebenden Grenzwert von $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($0,3 \times 3,58$) extrapolieren, dann sollten sich auch nach mehr als 10 Tagen (8 Stunden/Tag) Exposition gegen diesen Grenzwert keine Effekte in der BAL nachweisen lassen. Diese Abschätzung unterstützt die Anwendung des GBS-Grenzwertes für hochgeglühtes Magnesiumoxid. Für die einatembare Fraktion wird der bisherige Wert von $4 \text{ mg}/\text{m}^3$ beibehalten, da keine Daten für eine neue Bewertung vorliegen.

Spitzenbegrenzung. Der kritische Effekt ist die Wirkung granulärer biobeständiger Partikel auf die Lunge. Daher wird Magnesiumoxid-Staub wie andere granuläre Stäube der Spitzenbegrenzungs-Kategorie II zugeordnet. Da die Clearance-Halbwertszeit von granulären biobeständigen Stäuben ca. 400 Tage beträgt, wird ein Überschreitungsfaktor von 8 festgelegt.

Fruchtschädigende Wirkung. Für Magnesiumoxid liegen keine Untersuchungen zur Entwicklungstoxizität vor. Da Magnesiumoxid ein schwerlöslicher Staub ist, muss bei Einhaltung des MAK-Wertes von $0,3 \text{ mg}/\text{m}^3 \times \text{Materialdichte}$ nicht mit einer fruchtschädigenden Wirkung gerechnet werden. Es erfolgt daher analog zu anderen GBS eine Zuordnung zur Schwangeschaftsgruppe C.

Krebserzeugende Wirkung. Es liegen keine epidemiologischen Studien vor. Da Magnesiumoxid ein nahezu unlöslicher granulärer biobeständiger Staub ist, ist bei Ratten eine Partikel-bedingte Tumorentstehung nach Inhalation nicht auszuschließen. Verantwortlich dafür ist hauptsächlich die Entzündung im Alveolar- bzw. Bronchialbereich, die mit der Freisetzung reaktiver Sauerstoffspezies einhergeht. Unter-

suchungen wie bei GBS liegen allerdings nicht vor. Die alveolengängige Fraktion des Magnesiumoxid-Staubes wird in Analogie zu anderen GBS in die Kanzerogenitätskategorie 4 eingestuft.

Keimzellmutagene Wirkung. Aus den vorliegenden Daten zur Genotoxizität ergibt sich kein Verdacht auf eine keimzellmutagene Wirkung von Magnesiumoxid-Staub. Deshalb erfolgt analog zu anderen GBS keine Einstufung.

Hautresorption. Eine dermale Aufnahme von Magnesiumoxid ist nicht bekannt. Eine Markierung mit „H“ erfolgt analog zu anderen GBS nicht.

Sensibilisierende Wirkung. Es liegen keine Hinweise auf eine haut- oder atemwegssensibilisierende Wirkung von Magnesiumoxid vor, sodass Magnesiumoxid analog zu anderen GBS weder mit „Sh“ noch mit „Sa“ markiert wird.

7 Literatur

- Ge S, Wang G, Shen Y, Zhang Q, Jia D, Wang H, Dong Q, Yin T (2011) Cytotoxic effects of MgO nanoparticles on human umbilical vein endothelial cells in vitro. *IET Nanobiotechnol* 5: 36
- Heldaas SS, Langard S, Andersen A (1989) Incidence of cancer in a cohort of magnesium production workers. *Br J Ind Med* 46: 617–623
- IFA (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung) (2015) Magnesiumoxid. GESTIS-Stoffdatenbank
<http://www.dguv.de/ifa/GESTIS/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp>
- Kibanova D, Nieto-Camacho A, Ramirez-Apan T, Cervini-Silva J (2011) Determination of lipid peroxidation and cytotoxicity in calcium, magnesium, titanium and hectorite (SHCa-1) suspensions. *Chemosphere* 82: 418–23
- Kuschner WG, Wong H, D'Alessandro A, Quinlan P, Blanc PD (1997) Human pulmonary responses to experimental inhalation of high concentration fine and ultrafine magnesium oxide particles. *Environ Health Perspect* 105: 1234–7
- Maltoni C, Minardi F, Soffritti M, Lefemine G (1991) Long-term carcinogenicity bioassays on industrial chemicals and man-made mineral fibers, at the Bentivoglio (BT) laboratories of the Bologna Institute of Oncology: premises, programs, and results. *Toxicol Ind Health* 7: 63–94
- Reichrtová E, Takác L (1992) Issues related to dust aerosols in the magnesite industry. I. Chamber exposure. *J Hyg Epidemiol Microbiol Immunol* 36: 235–44
- Sawai J, Kojima H, Kano E, Igarashi H, Hashimoto A, Kawada E, Kokugan T, Shimizu M (1998) Short Communication: Ames assay with Salmonella typhimurium TA102 for mutagenicity and antimutagenicity of metallic oxide powders having antibacterial activities. *World J Microbiol Biotechnol* 14: 773–5
- Wilhelmi V, Fischer U, van Berlo D, Schulze-Osthoff K, Schins RP, Albrecht C (2012) Evaluation of apoptosis induced by nanoparticles and fine particles in RAW 264.7 macrophages: facts and artefacts. *Toxicol In Vitro* 26: 323–34

abgeschlossen am 22.03.2017