

**Bericht**  
**und**  
**Gutachterliche Stellungnahme**  
— Kurzfassung —

über

»Untersuchungen zur gesundheitlichen Beurteilung von Naturgips und REA-Gips aus Kohlekraftwerken im Hinblick auf deren Verwendung zur Herstellung von Baustoffen«.

**Auftraggeber**

- VGB-FORSCHUNGSSTIFTUNG, Essen (VGB Forschungsprojekt 88)
- Bundesverband der Gips- und Gipsbauplattenindustrie e.V., Darmstadt

**Berichtersteller**

- Prof. Dr. med. J. Beckert, Institut für Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck (federführend)
- Prof. Dr. med. H.J. Einbrodt, Institut für Hygiene und Arbeitsmedizin der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule, Aachen
- Dr. phil. M. Fischer, Direktor und Professor am Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin

## Vergleich von Naturgips und REA-Gips

### Untersuchungen zur gesundheitlichen Beurteilung von Naturgips und REA-Gips aus Kohlekraftwerken im Hinblick auf deren Verwendung zur Herstellung von Baustoffen

Von Teilen der Öffentlichkeit werden die Baustoffe heute häufig weniger nach ihrer Eignung, sondern mehr nach ihrer Herkunft beurteilt. Durch Bevorzugung natürlicher oder biologischer Materialien und Ablehnung künstlicher oder synthetischer Baustoffe will man die Voraussetzungen für ein »gesundes Leben« schaffen. In der Öffentlichkeit werden nicht selten REA-Gips oder daraus hergestellte Produkte mit Vorurteilen betrachtet, weil man meint, es handele sich bei REA-Gips um ein Kunstprodukt und er enthalte darüber hinaus auch noch Schadstoffe der Rauchgase. Diese Vorstellungen müssen richtiggestellt werden. Es ist daher zu begrüßen, daß die VGB Forschungsstiftung Essen und der Bundesverband der Gips- und Gipsbauplattenindustrie e.V. Darmstadt eine umfangreiche gesundheitliche Begutachtung von Naturgips und REA-Gips vornehmen lassen.

Beauftragt waren die Universitätsinstitute Aachen und Lübeck wegen der gesundheitlichen und ärztlichen Erfahrung auf dem Gebiet der gesundheitlichen Beurteilung von Begleitsubstanzen in Baustoffen sowie das Bundesgesundheitsamt Berlin auch wegen der Amtskompetenz.

Die Klassifizierung der Baustoffe nach ihrer natürlichen oder synthetischen Herkunft ist für die gesundheitliche Beurteilung ein unbrauchbares Kriterium. Maßgebend dafür sind vielmehr die Nebenbestandteile der Baustoffe und ihre Einwirkungsmöglichkeiten auf den menschlichen Organismus unabhängig von ihrer Herkunft. Von Bedeutung für die gesundheitliche Beurteilung ist insbesondere die Einwirkungskonzentration und Einwirkungsdauer der jeweiligen Substanz.

Durch analytische Untersuchungen von Naturgips- und REA-Gipsproben sollen die Voraussetzungen geschaffen werden für eine umfassende gesundheitliche Beurteilung des Gipses als Rohstoff für die Herstellung von Baustoffen. Insbesondere ist die Frage zu beantworten, ob aus gesundheitlicher Sicht ein Unter-

schied zwischen Naturgips und REA-Gips besteht.

In der heute notwendigen umfassenden Betrachtungsweise können vier Ebenen unterschieden werden, in denen die zu prüfenden Baustoffe jeweils einer gesundheitlichen Beurteilung unterzogen werden. In chronologischer Reihenfolge sind dies folgende Bereiche:

- der **Produktionsbereich**, wo der Baustoff hergestellt wird,
- der **Verarbeitungsbereich**, vor allem die Baustelle,
- der **Nutzungsbereich**, wo der Baustoff zur Errichtung von Räumen für Wohn- und Arbeitszwecke eingesetzt wird, und
- der **Beseitigungsbereich**, vor allem die Deponie, wo nach Abbruch eines Bauwerkes die Baustoffe als Bauschutt abgelagert oder z.B. durch Verbrennung beseitigt werden.

Voraussetzung für diese umfassende Betrachtung und gesundheitliche Beurteilung der Baustoffe ist eine vollständige Analyse aller für die Gesundheit relevanten Bestandteile der Baustoffe sowie die Bestimmung der Konzentrationen der Substanzen, die auf der Haut, im Atemtrakt und im Verdauungstrakt des menschlichen Organismus einwirken können.

#### Untersuchungen für den Vergleich von Naturgips und REA-Gips

Mit den Untersuchungen für den Vergleich von Naturgips und REA-Gips sollte ein möglichst allgemeingültiger Überblick über die für eine gesundheitliche Beurteilung maßgebenden Parameter der zum Zeitpunkt der Auftragserteilung verfügbaren und marktrelevanten Naturgipse und REA-Gipse gewonnen werden. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden die Stellen und Bedingungen für die Probenahme so festgelegt, daß die entnommenen Gipse hinsichtlich ihrer Ausgangsstoffe, ihrer geologischen bzw. chemischen Genesis und der maßgebenden Randbedingungen ausreichend repräsentativ sind.

#### Auswahl und Entnahme von Gipsproben

##### Naturgipsproben

Für die Entnahme von Naturgipsproben wurden 12 verschiedene, im Abbau befindliche Lagerstätten in Nord-, Mittel- und Süddeutschland aus verschiedenen geologischen Formationen ausgewählt. Die dort entnommenen Gipsproben repräsentieren die von der Gipsindustrie in der Bundesrepublik Deutschland verarbeiteten Naturgipse sowohl in regionaler als auch in geologischer Hinsicht. Im einzelnen wurden einbezogen:

- 5 Lagerstätten im jüngeren bzw. älteren Zechstein (Niedersachsen, Hessen)
- 6 Lagerstätten im Keuper (Bayern, Baden-Württemberg)
- 1 Lagerstätte im Muschelkalk (Baden-Württemberg)

Die Naturgipsproben wurden im Abbaubetrieb oder im Gipswerk hinter den Zerkleinerungsaggregaten (Korngröße bis 30 mm) vor dem Eintritt in den weiteren Aufbereitungs- und Brennprozeß entnommen.

##### REA-Gipsproben

Insgesamt wurden von 12 Steinkohle- und 3 Braunkohlekraftwerken Proben entnommen. Die Steinkohle- und Braunkohlekraftwerke repräsentieren

- flächenmäßig von Bayern bis Niedersachsen die gesamte Bundesrepublik Deutschland,
- alle wesentlichen in der Bundesrepublik Deutschland zur Rauchgasentschwefelung eingesetzten Verfahren mit dem Endprodukt Gips sowie
- die verwendeten Absorptionsmittel Kalkstein ( $\text{CaCO}_3$ ) bzw. Branntkalk ( $\text{CaO}$ ).

Die REA-Gipsproben wurden hinter der Zentrifuge bzw. dem Vakuumbandfilter am Beginn des Absetzförderbandes im Zeitraum von etwa einer Stunde aus der laufenden Produktion entnommen.

Die Entnahme der Naturgips- bzw. REA-Gipsproben erfolgte vor Ort unter Beobachtung eines vereidigten Probeentnehmers bzw. eines Vertreters der jeweiligen Gesundheitsämter oder Ordnungsämter.

### Analysen und Bestimmungen

Es wurde festgelegt, alle für die Gesundheit relevanten und für die Herkunft des jeweiligen Gipses charakteristischen Parameter quantitativ zu bestimmen.

#### Chemische Analysen

Ammonium, Calcium, Carbonat, Chlorid, Cyanid, Eisen, Fluorid, Kalium, Kristallwasser, Magnesium, Natrium, Nitrat, pH-Wert in der Aufschlämmung, Phosphat, Sulfat, Sulfid.

#### Spurenelemente

Arsen, Beryllium, Blei, Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Quecksilber, Selen, Tellur, Thallium, Vanadium, Zink.

#### Radioaktivität

Natürlich radioaktive Stoffe.  
Künstlich radioaktive Stoffe.

#### Dioxine und Furane

Polycyclisch aromatische Kohlenwasserstoffe

### Einwirkungsmöglichkeiten auf den menschlichen Organismus

Aus der Analyse der Baustoffsubstanzen ist noch nicht ohne weiteres eine gesundheitliche Beurteilung abzuleiten. Zu beantworten ist zunächst die Frage, wie die Baustoffsubstanzen auf den Menschen einwirken können. Die Einwirkungsbereiche der Umwelt auf den menschlichen Organismus können als Kontaktzonen bezeichnet werden. Für die Beurteilung sind drei Kontaktzonen zu berücksichtigen:

#### Haut

Gips kann als Rohstoff oder als Baustoff benutzt werden. Die lange übliche und bewährte Verwendung von Gips in der Medizin, z.B. bei Knochenbrüchen, zeigt, daß eine gesundheitliche Beeinträchtigung durch Hautkontakt ausgeschlossen werden kann.

#### Atemtrakt

Im Bereich der Atmung, also der Bronchien und der Lungenbläschen, kann der Gips nur als atembare Staub einwirken. Diese Einwirkungsmöglichkeit besteht im Produktionsbereich, im Verarbeitungs-

bereich und im Nutzungsbereich bei Arbeiten am fertigen Gipsprodukt, also z.B. beim Bohren von Löchern sowie beim Schleifen und Sägen von Gipsplatten wie dies in Ausnahmefällen durch den Nutzer des jeweiligen Bauwerkes geschehen kann. Da jedoch in der Regel weder Bohren noch Sägen von Gipsbaustoffen im Nutzungsbereich stattfindet, ist eine Einwirkung von Gipsstaub auf die Benutzer nur in seltenen Ausnahmefällen möglich.

#### Verdauungstrakt

Ein Kontakt mit Gipsbestandteilen im Verdauungstrakt kann entstehen, wenn eingeatmete Gipsbestandteile mit dem Speichel verschluckt werden und vor allem, wenn sie ins Trinkwasser gelangen. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn bei einer Deponierung von Gips die löslichen Bestandteile unverändert durch den Boden ins Grundwasser gelangen, das als Trinkwasser verwendet wird.

### Quantifizierung der einwirkenden Gipsbestandteile

Für die gesundheitliche Beurteilung sind vor allem die Einwirkungskonzentrationen der Gipsbestandteile in den Kontaktbereichen wesentlich.

#### Produktions- und Verarbeitungsbereich

Die hier auftretenden Gipskonzentrationen beziehen sich auf den lungengängigen Feinstaub. Für den Staubanfall im Dauerbetrieb kann vom Allgemeinen Staubgrenzwert (MAK-Wert) ausgegangen werden, der auf 6 mg Feinstaub/m<sup>3</sup> Luft (8) festgesetzt ist (MAK = Maximaler Arbeitsplatzkonzentrationswert). Für höhere Staubkonzentrationen sind entsprechende Sicherheitsmaßnahmen, wie das Tragen von Masken oder Absaugeinrichtungen vorgeschrieben, so daß der Allgemeine Staubgrenzwert als höchstmögliche Konzentration im Dauerbetrieb angenommen werden kann.

#### Nutzungsbereich

Für eingebaute Gipsbaustoffe sind die Staubkonzentrationen maßgebend, die beim Bohren und Schleifen von Gipsbaustoffen entstehen können. Die dabei entstehenden Staubkonzentrationen betragen in der Regel maximal 5 mg/m<sup>3</sup> (27). Unter außergewöhnlichen Umständen können durch unsachgemäße Bearbeitung von Gipsplatten durch Sägen höhere Staubkonzentrationen entstehen. Die

Stäubeinwirkungen im Nutzungsbereich sind jedoch seltene Ereignisse, die u.U. erst in Abständen von Jahren erneut auftreten oder überhaupt einmalig sind und im Sinne von »worst case« des Heimwerkers verstanden werden müssen.

#### Beseitigungsbereich (Deponie)

Aus den Kenntnissen der Gipsbestandteile läßt sich nicht ohne weiteres ableiten, wieviel von diesen durch Umwelteinflüsse herausgelöst werden und in welchem Umfang sie den Boden unverändert passieren und ins Grundwasser gelangen. Aus diesem Grunde werden Vergleichswerte für die Beurteilung herangezogen, z.B. vorhandene Bodengrenzwerte (15) sowie bekannte und tolerierbare Gehalte in Böden (16).

### Untersuchungsergebnisse und gesundheitliche Beurteilung

#### Produktions- und Verarbeitungsbereich:

Als maximale Einwirkungskonzentration der Gips-Stäube im Produktions- und Verarbeitungsbereich während eines 8-stündigen Arbeitstages wurde der Allgemeine Staubgrenzwert (MAK-Wert) von 6 mg Feinstaub/m<sup>3</sup> Luft angenommen (8). Bei Einhaltung dieses Grenzwertes ist mit einer Beeinträchtigung der Funktion der Atmungsorgane infolge einer allgemeinen Staubwirkung nicht zu rechnen, wenn sichergestellt ist, daß mutagene, krebserzeugende, fibrogene, toxische oder allergisierende Wirkungen des Staubes nicht zu erwarten sind. Für Gipsstaub konnte dies nachgewiesen werden, so daß er als inert bezeichnet werden kann und somit gesundheitlich unbedenklich ist (2).

In keiner der untersuchten Naturgipsproben und REA-Gipsproben konnten medizinisch relevante Dioxine und Furane sowie polycyclisch aromatische Kohlenwasserstoffe nachgewiesen werden.

Die künstlich radioaktiven Stoffe Cobalt-60, Cäsium-134 und Cäsium-137 waren nicht nachweisbar. Die Gehalte an natürlich radioaktiven Stoffen lagen im Vergleich zu den übrigen regelmäßig verwendeten Baustoffen im untersten Bereich (Tab 1).

Maßgebend für die gesundheitliche Beurteilung sind somit ausschließlich die Spurenelemente im Naturgips und im REA-Gips. Die Konzentrationen von Quecksilber und von Selen waren im REA-Gips signifikant höher als im Natur-

gips. Die Konzentrationen von Beryllium und Cadmium waren im Naturgips signifikant höher als im REA-Gips. Die Konzentrationen der übrigen Elemente waren im Naturgips und im REA-Gips von gleicher Größenordnung oder unterschieden sich nur tendenziell. Die Konzentrationen sind trotz der festgestellten Schwankungsbreite aus medizinischer Sicht jedoch bei allen Elementen sehr niedrig und liegen unter 1/300 des jeweiligen MAK-Wertes bzw. unter 1/500 des jeweiligen TRK-Wertes (8) (TRK = Technischer Richtkonzentrationswert). Bei der Verarbeitung von Naturgips oder REA-Gips im Produktionsbereich oder von daraus hergestellten Produkten auf der Baustelle kann somit ein gesundheitliches Risiko ausgeschlossen werden (Tab. 2).

#### Nutzungsbereich

Die gesundheitliche Beurteilung der Gipsstäube hat im Nutzungsbereich andere Voraussetzungen als im Produktions- und Verarbeitungsbereich. Es ist zu berücksichtigen, daß der Personenkreis ein anderer ist, daß nämlich nicht nur arbeitsfähige, sondern alte und kranke Menschen und auch Kinder berücksichtigt werden müssen. Zu beachten ist ferner, daß die tägliche Einwirkungszeit nicht 8 Stunden, sondern 24 Stunden beträgt, daß die wöchentliche Einwirkungszeit nicht 5 Tage, sondern 7 Tage umfaßt und daß die maximale Gesamtein-

wirkungszeit nicht ein Arbeitsleben, sondern die Lebenszeit sein kann. Aus diesen Gründen können die für den Produktions- und Verarbeitungsbereich maßgebenden MAK-Werte und TRK-Werte hier nicht als Beurteilungsgrößen dienen.

Sinnvollerweise wird man sich an den Spurenelement- bzw. Schwermetallkonzentrationen orientieren, denen wir in unserer normalen Umwelt ausgesetzt sind, um eine Beurteilungsgröße zu erhalten (1). Aus gesundheitlicher Sicht sind in diesem Zusammenhang allerdings nur die Elemente von Bedeutung, die als krebserregend gelten.

Im Nutzungsbereich muß man jedoch die Seltenheit einer Gipsstaubeinwirkung berücksichtigen. Es dürfte realistisch sein, eine Gipsstaubbelaftung durch unsachgemäßes Sägen nicht häufiger als ein- bis zweimal in 10 Jahren anzunehmen und ein einstündiges Bohren oder Schleifen etwa 40 mal in 10 Jahren. Betrachtet man unter diesen Umständen die aufgenommenen Schadstoffmengen, z.B. der kanzerogenen Elemente Arsen, Cadmium oder Nickel wird ersichtlich, daß die zusätzlich aufgenommenen Mengen nur maximal etwa 1/200 dessen betragen, was man im gleichen Zeitraum in einem Reinluftgebiet aufnimmt. Die Schadstoffaufnahmen betragen ferner im Vergleich zu denen, die ein Gipsarbeiter ohne gesundheitliches Risiko aufneh-

men kann, nur maximal etwa 1/10000 (Tab. 3). Es wird somit ersichtlich, daß im Nutzungsbereich auch für alte und kranke Menschen sowie Kinder ein gesundheitliches Risiko durch möglicherweise gelegentlich auftretende Gipsstaubeinwirkungen nicht entstehen kann. Wichtig ist festzuhalten, daß der Nutzungsbereich in der Regel frei von Gipsstaub sein wird.

#### Beseitigungsbereich

Werden Gipsprodukte auf der Deponie abgelagert, unterscheiden sich diese hinsichtlich ihres Gehaltes an Spurenelementen nicht wesentlich von den in Kulturböden normalerweise gefundenen Konzentrationen. Die Spurenelementkonzentrationen der untersuchten Naturgipse und REA-Gipse sind wesentlich niedriger als die Grenzwerte und die tolerierbaren Werte für Kulturböden (5) (Tab. 4). Im übrigen unterscheiden sich Naturgips und REA-Gips in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht wesentlich, so daß der Einfluß auf das Grundwasser bei deponiertem Gips oder Gipsbauschutt mit dem Einfluß von Naturgipslagerstätten vergleichbar ist, sich also lediglich auf den gesundheitlich unbedenklichen Sulfatgehalt bezieht. Zu beachten ist ferner, daß deponierte Gipsmengen in der Regel sehr viel geringer sein werden, als die Mengen in Naturgipslagerstätten.

Tabelle 1: Radioaktivität (Maximale Werte):

(Bq / kg)	Kalium-40	Radium-226	Thorium-232
Naturgips	370	30	20
REA-Gips	80	25	20
Andere Baustoffe (Mittelwert (14))	540	40	30

Tabelle 2: Vergleich der maximalen Spurenelement-Konzentrationen im Gipsstaub im Produktions- und Verarbeitungsbereich mit den MAK- bzw. TRK-Werten

Element	max. Gehalt im		max. Konzentration im Gipsstaub ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MAK-Wert ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TRK-Wert ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max. Konzentration im Gipsstaub entspricht:
	Naturgips (mg/kg)	REA-Gips (mg/kg)				
Arsen	4	3	0,024		100	1/4000 TRK
Beryllium	0,7	0,6	0,004		2	1/500 TRK
Blei	21	22	0,130	100		1/800 MAK
Cadmium	0,5	0,3	0,003			
Chrom	25	10	0,150		100	1/700 TRK
Cobalt	4	2	0,024		100	1/4000 TRK
Kupfer	14	9	0,084	1000		1/12000 MAK
Mangan	130	200	1,200	500		1/400 MAK
Nickel	13	13	0,078		500	1/6000 TRK
Quecksilber	0,09	1,3	0,008	100		1/12000 MAK
Selen	0,5	16	0,096	100		1/1000 MAK
Tellur	0,2	0,3	0,002	100		1/50000 MAK
Thallium	0,2	0,4	0,002	100		1/50000 MAK
Vanadium	26	8	0,156	50		1/300 MAK
Zink	40	50	0,300	5000		1/17000 MAK

\* Ein MAK- oder TRK-Wert wurde für Cadmium nicht aufgestellt. Als Maßstab kann der Immissionswert der TA-Luft herangezogen werden, der sich jedoch nicht auf die Luft am Arbeitsplatz, sondern auf die atmosphärische Luft bezieht. IW1-Wert (Jahresmittelwert) für Cadmium =  $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (26).

Tabelle 3: Vergleich einer maximalen Spurenelement-Aufnahme durch Gipsstaub (Schwebstoffe in der Luft) im Nutzungsbereich mit der maximal zulässigen Spurenelement-Aufnahme eines Arbeiters im Produktions- und Verarbeitungsbereich entsprechend den MAK- und TRK-Werten und mit der Aufnahme aus Reिनluft (1, 25)

Element	max. Element-Konzentration bei $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ Gesamtstaub-Konzentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Aufnahme-Zeitraum: 10 Jahre		
		max. Aufnahme im Nutzungsbereich ( $\mu\text{g}$ )	max. zul. Aufnahme eines Arbeiters entspr. MAK oder TRK-Wert ( $\mu\text{g}$ )	Aufnahme in Reिनluftgebieten ( $\mu\text{g}$ )
Arsen	0,40	0,8	$2,25 \times 10^6$	365
Beryllium	0,07	0,14	$4,50 \times 10^4$	*
Blei	2,17	4,34	$2,25 \times 10^6$	3600
Cadmium	0,05	0,10	**	75
Chrom	2,50	5,0	$2,25 \times 10^6$	< 365
Cobalt	0,40	0,8	$2,25 \times 10^6$	365
Kupfer	1,40	2,8	$2,25 \times 10^7$	3600
Mangan	20,00	40,0	$1,13 \times 10^7$	*
Nickel	1,30	2,6	$1,13 \times 10^7$	600
Quecksilber	0,13	0,26	$2,25 \times 10^6$	730
Selen	1,60	3,2	$2,25 \times 10^6$	365
Tellur	0,03	0,06	$2,25 \times 10^6$	*
Thallium	0,04	0,08	$2,25 \times 10^6$	*
Vanadium	2,60	5,2	$1,13 \times 10^6$	*
Zink	5,00	10,0	$1,13 \times 10^8$	7300

\* Ausreichende Angaben über Stoffkonzentrationen in Reिनluftgebieten liegen nicht vor.

\*\* Für Cadmium existieren keine MAK- oder TRK-Werte.

Tabelle 4: Vergleich der Spurenelement-Konzentrationen in den untersuchten Gipsproben mit den Bodengrenzwerten und mit den häufigen und tolerierbaren Konzentrationen in Kulturböden

Element	Gesamtgehalte von Spurenelementen in Gipsproben (mg/kg)				Gesamtgehalte von Spurenelementen in Kulturböden (mg/kg)		
	Naturgips		REA-Gips		häufige Werte	tolerierbare Werte	Grenzwerte
	min.	max.	min.	max.			
Arsen	0,22	— 3,79	0,21	— 2,70	2 — 20	20	
Blei	0,46	— 21,40	0,27	— 22,00	0,1 — 20		100
Cadmium	0,03	— 0,30	0,003	— 0,29	0,1 — 1,0		3
Chrom	0,65	— 24,90	1,02	— 9,72	2 — 50	100	
Fluor	0,01	— 0,06	0,01	— 0,07	50 — 200	200	
Nickel	0,3	— 13,40	0,3	— 12,90	2 — 50		50
Quecksilber	0,006	— 0,05	0,03	— 1,32	0,1 — 1		2

#### Zusammenfassung

Zusammenfassend betrachtet haben die Untersuchungen ergeben, daß die Unterschiede zwischen Naturgips und REA-Gips in der chemischen Zusammensetzung

und im Gehalt an Spurenelementen aus gesundheitlicher Sicht unerheblich sind. Die Ergebnisse der Analysen lassen die Beurteilung zu, daß die untersuchten

Naturgipse und REA-Gipse ohne gesundheitliche Bedenken zur Herstellung von Baustoffen verwendet werden können.

## Literatur

- (1) Arbeitsgruppe »Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen« des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI):  
Berichtsentwurf Beurteilungsmaßstäbe für krebs erzeugende Luftverunreinigungen vom 28.1.1987.
- (2) Bartmann, C.:  
Die biologische Wirkung eines Rauchgasentschwefelungsgipses nach dem Kalksteinverfahren  
Diss. Aachen (1986).
- (3) Borneff, J.:  
Hygiene, 4. Aufl.  
Stuttgart, New York (1982)
- (4) Christmann, W., Klöppel, K.-D., Partscht, H., Rotard, W.:  
»Determination of PCDD, PCDF in Ambient Air«.  
Chemosphere Vol. 19, Nos 1-6, 521-526 (1989).
- (5) Cooke, M.A.:  
Some occupational disease hazards. The older metals and metalloids.  
J. Industr. News 74, 1213 (1962).
- (6) Davis, S.B., Nagelschmidt, G.:  
A report on the absence of pneumoconiosis among workers in pure limestone.  
Brit. J. Industr. Med. 13, 6 (1956).
- (7) Deutsches Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung:  
DIN 38406, Teil 1, Weinheim (1988).
- (8) DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft:  
Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte 1988.  
Mitteilung XXIV der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe,  
Weinheim (1988).
- (9) DIN 2000:  
Leitsätze für die Zentrale Trinkwasserversorgung Berlin (1959).
- (10) Doig, A.T.:  
Disabling pneumoconiosis from limestone dust.  
Brit. J. Industr. Med. 12, 206 (1955).
- (11) Forbes, J.J., Davenport, S.J., Morgis, G.G.:  
Review of literature on dusts. Bureau of Mines Wash.  
Bulletin 478, IV, 333 S. (1959).
- (12) Gutberlet, H.:  
Schriftliche Mitteilung (1988).
- (13) Hildebrand, M.:  
Rauchgasentschwefelung bei EVU-Kraftwerken.  
Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 7, 533-539 (1988).
- (14) Keller, G., Schmier, H.:  
Messungen und Untersuchungen über die Radioaktivität von Rauchgas-Entschwefelungs-Anlagen-Gips (REA-Gips) im Vergleich zu Naturgips. Wissenschaft u. Umwelt, 4/1988, 199-201.
- (15) Klärschlammverordnung vom 25.6.1982.  
BGBl. I, 734-739.
- (16) Kloke, A.:  
Richtwerte 80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden.  
Mitteilung des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA), Heft 1-3 (1980).
- (17) Mitteilung der VGB Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V.  
Essen (1989).
- (18) Oakes, D., Douglas, R., Knight, K., Wusteman, M., McDonald, J.C.:  
Respiratory effects of prolonged exposure to gypsum dust.  
Am. Occup. Hyg. 26, 838-840 (1982).
- (19) Raymond, V., Sivadon, A., Conil, Ph.:  
Les poumons des carriers et tailleurs de pierre calcaire.  
Arch. Mal. Prof. 13, 169-178 (1952).
- (20) Riddel, G.:  
Clinical investigations into the effects of gypsum dust.  
Can. Publ. Hlth. J. 25, 147-150 (1934).
- (21) Rosmanith, J., Breining, H.:  
Die quarzhemmende Wirkung von Naturanhydrit im Tierversuch.  
Wiss. Umw. (ISU), H. 2 (1988).
- (22) Rotard, W.:  
PCDD/PCDF in Wasser/Sediment und Boden.  
VDI-Berichte Nr. 631 (1987).
- (23) Schepers, G.W.H., Durkan, T.M., Delahunty, A.B.:  
Effects of inhaled commercial hydrous calcium silicate dust animal tissues.  
Arch. Industr. Hlth., 348-380 (1955).
- (24) Schwarz, O.:  
Umsetzung der Umweltschutzgesetzgebung in der Bundesrepublik Deutschland durch Kraftwerksbetreiber.  
Sammelband VGB-Konferenz »Kraftwerk und Umwelt« (1987).
- (25) Schwedt, G.:  
Ökochemie der Metalle.  
Umschau, 306, 371, 444 (1984).
- (26) TA-Luft:  
Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft vom 27.2.1986.  
GMBl., 95
- (27) TÜV Bayern e.V.:  
Messung der Staubkonzentration bei der Bearbeitung von Gipskartonplatten aus REA-Gips und aus Naturgips durch Bohren und Schleifen in einem Prüfraum.  
München, Mai 1988.
- (28) Verordnung über Großfeuerungsanlagen.  
13. BImSchV, BGBl. I, 719, vom 22. Juni 1983.
- (29) Verordnung über Trinkwasser und Wasser für Lebensmittelbetriebe (TrinkwV) vom 22. Mai 1986.  
BGBl. I 1986, 760.
- (30) Volkart, K.:  
Bauen mit Gips, 11. Aufl., Darmstadt (1986).
- (31) Volkart, K.:  
REA-Gips ist Calciumsulfat-Dihydrat.  
Bauwirtschaft 42, 636-637 (1988).
- (32) WHO:  
Guidelines for Drinking Water Quality. World Health Organisation (1984).
- (33) Wirsching, F.:  
Chemische Technologie, Bd. 3 (Gips).  
München, Wien (1983).
- (34) World Mineral, Statistics 1980-1984.  
Keyworth, Nottinghamshire (1986).