

# **UMWELTMINERALOGIE**

**Eine Arbeitsmappe zur  
Lehrerfortbildung**

**Autor:**

**Dr. Winfried Koensler  
Mineral plus GmbH  
Stollenstrasse 12-16  
D-45966 Gladbeck  
Tel.: 02043 / 400-135  
Fax: 02043 / 400-115**

**e-mail:**

**[winfried.koensler@mineralplus.de](mailto:winfried.koensler@mineralplus.de)**

# MINERALOGIE - EIN VIELSEITIGES FACH

## Rohstoffgewinnung & Metallurgie

Exploration & Lagerstätten  
Aufbereitung & Veredlung  
Hohlräume & Halden  
Erze & Industrieminerale  
Edelmetalle & Edelsteine  
Selten-Erden-Elemente

## Oberflächen

Schichten  
Katalysatoren  
Beschichtungen  
Korrosion  
Nanopartikel

## Materialien

Mineralische Bindemittel & Baustoffe  
Mineralische Rückstände  
Kalksilikathydrate  
Feuerfestmaterialien  
Festerstoffe  
Tomminerale

## Abfallstoffe

Eigenschaften  
Deponierung  
Recycling  
Abfallbehandlung  
Langzeitverhalten  
Immobilisierung  
Wasserbehandlung  
Kerntechnische Abfälle

## Hochleistungsmaterialien

Halbleiter & Supraleiter  
Glas & Glaskeramiken  
Einkristallzüchtung  
Optische Materialien  
Keramiken  
Biominerale  
Poröse Silikate  
Sensoren  
Brennstoffzellen  
Photovoltaik

## Kulturerbe

Archäometrie  
Natursteinverwitterung  
Oberflächenbehandlung  
Sanierung  
Konservierung

## **DEFINITION DER UMWELTMINERALOGIE**

**Umweltmineralogie ist die Lehre von der Abhängigkeit des Menschen von der mineralischen Umwelt und von den Wirkungen seiner Eingriffe in mineralische Stoffkreisläufe mit allen Wechselwirkungen Zwischen den natürlichen Sphären der Erde und der Anthroposphäre.**

**Die Umweltmineralogie leistet als integrierende Disziplin innerhalb der Mineralogie einen praktischen Beitrag zur Erhaltung der Umwelt und zur nachhaltigen Nutzung mineralischer Ressourcen.**

# THEMEN DER UMWELTMINERALOGIE

**Die Umweltmineralogie untersucht die Wechselwirkung zwischen Mineralen und dem Leben auf der Erde.**

**Minerale sind Umweltfaktoren, werden in Umwelttechnologien gebraucht und sind ein bedeutender ökologischer Faktor.**

## **Minerale als Umweltfaktor**

Mineralische Rohstoffe (z.B. Uran, Erze, Industrieminerale)  
Umweltprobleme durch Minerale (z.B. Asbest)

## **Minerale in Umwelttechnologien**

Markierung von Umweltpfaden (Tracer)  
Schadstoffimmobilisierung  
(z.B. durch Bildung von Speichermineralen)

## **Ökologische Aspekte**

Dauerhaft umweltgerechter Umgang mit Abfallstoffen  
(Verwertung, Entsorgung)  
Ökologische Bilanzierungen (z.B. Life Cycle Assessment)  
Ressourcenmanagement

# THEMEN DER UMWELTMINERALOGIE

## **Rückstände, Reststoffe, Abfallstoffe**

Aufbereitung von Abfallstoffen  
Recycling-Verfahren  
Stoffstrombilanzierungen

## **Langzeitverhalten von mineralischen Phasen**

Entwicklung von Eluationsverfahren  
Langzeitverhalten von Abfallstoffen

## **Deponierung unter und über Tage**

Eluations- und Langzeitverhalten

## **Immobilisierung von Schadstoffen**

Bildung von Speichermineralen  
Einsatz von Umweltmineralen in der Umwelttechnik

## **Wasserbehandlung**

Aufbereitung, Transport, Sanierung von Wasser

## **Modellierungen**

Kontaminationen  
natürliche und anthropogene Kreisläufe  
ökologische Bilanzierungen

# **GESCHICHTE DER UMWELTMINERALOGIE**

**" Stollen gräbt ein fremdes Volk:  
Vergessene hängen am Seil ohne Gebrauch  
der Füße;  
menschenfern schwanken sie.**

**Die Erde, wopraus das Brotkorn wächst,  
ihr Inneres wird zerstört durch Feuer...**

**An Kieselgestein legt man die Hand,  
wühlt von der Wurzeln her die Berge um,  
haut in die Felsen Schächte ein...**

**durchsickernde Rinnsale dämmt man ein..."**

[Buch Job 28, 1-13]

# **GESCHICHTE DER UMWELTMINERALOGIE**

**" In Zeiten des Verfalls gruben die Herrscher  
nach Mineralen,**

**Sie schürften nach Erz und Bauten Jade ab...**

**Sie schmolzen Bronze und Eisen;  
also konnte nichts blühen und gedeihen. "**

[Lao-Tse, ca. 500 v. Chr.]

# **GESCHICHTE DER UMWELTMINERALOGIE**

**" Welche Not bewog die Menschen,  
sich niederzubeugen,  
in Bergwerken zu vergraben und  
in die innersten Gedärme der Erde zu tauchen,  
um Gold aufzustöbern?**

**Die Verschmutzung der Gewässer bietet einen  
Anblick,  
der einem die Haare zu Berge stehen lässt -  
riesige Flüsse und ungeheure Becken  
voll träger Gewässer. "**

[Seneca, 4 v.Chr.-65 n.Chr.]

# **GESCHICHTE DER UMWELTMINERALOGIE**

**" Durch das Schürfen nach Erz werden die Felder verwüstet, Wälder und Haine werden umgehauen, denn man bedarf zahlloser Hölzer...**

**Dadurch werden Vögel und andere Tiere ausgerottet...**

**Die Erze werden gewaschen, dadurch aber werden die Bäche und Flüsse vergiftet...**

**So ist vor aller Augen klar, daß beim Schürfen mehr Schaden als Nutzen entsteht. "**

[Georg Agricola, 1494-1555]

# **GESCHICHTE DER UMWELTMINERALOGIE**

## **Zusammenfassung**

### **Altertum**

**Giftige Ausdünstungen unter Tage bekannt**  
**Giftige Minerale sind bekannt**  
**(z.B. Realgar, Quecksilber)**

### **Mittelalter**

**Erste Überlegungen unter den Aspekten des**  
**Gesundheitsschutzes und des Verhaltens**  
**von Mineralen**

### **Neuzeit**

**Explosion wissenschaftlicher Untersuchungen**  
**über das Verhalten von mineralischen Phasen**  
**in der Umwelt**

## **BEDEUTENDE BEITRÄGE ZUR UMWELTMINERALOGIE**

### **Georg AGRICOLA (1546):**

"De natura fossilium" Klassifikation  
der Minerale nach Materialeigenschaften

### **Niels STENSEN (1669):**

"Über das Feste, das in anderem Festen  
eingeschlossen ist"

### **Abraham Gottlob WERNER (1791):**

"Neue Theorie von der Entstehung der Gänge  
mit Anwendung auf den Bergbau"

### **H. STEFFENS (1797):**

Chemische Mineralklassifikation

### **Eilhard MITSCHERLICH (1794-1863):**

Austauschvorgänge in Krsitallgittern

### **G. BISCHOF (Mitte des 19.Jhd.):**

Erste grundlegende geochemische Arbeiten

### **V.M. GOLDSCHMIDT (1923-1927):**

"Geochemische Verteilung der Elemente"

### **F.W. CLARKE & H. WASHINGTON (1929):**

"The Composition of the Earth´s Crust"

### **V.I. VERNADSKY (1927):**

Geochemie

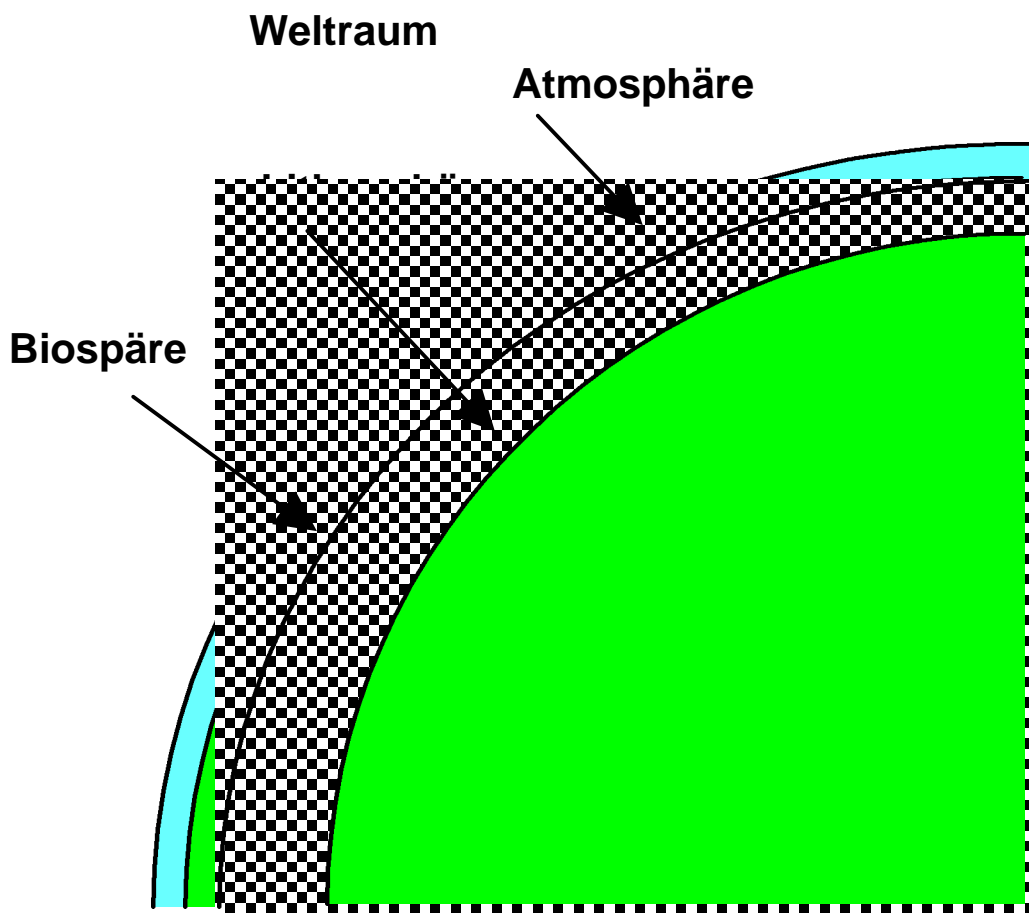
Begriff der Biosphäre

### **Max VON LAUE (1879-1957):**

Krsitallstrukturanalyse mit Röntgenstrahlen

# WECHSELWIRKUNGEN DER NATÜRLICHEN SPHÄREN DER ERDE MIT DER TECHNOSPHERE

Das Wirken des Menschen geschieht in der Technosphäre. Die Technosphäre tritt ständig in Wechselwirkung mit den natürlichen Sphären Lithosphäre, Atmosphäre, Biosphäre und dem Weltraum.



# **UMWELTMINERALOGIE**

## **MINERALE IN UMWELTTECHNOLOGIEN**

**Minerale spielen Umwelttechnologien eine bedeutende Rolle.**

**Sie können aber auch Umweltprobleme verursachen wie z.B. die Minerale Quarz oder Asbest.**

**Minerale können zum Umweltschutz vieles beitragen:**

**Markieren von Umweltverschmutzungen**

**Reaktionspartner bei chemischen Reaktionen**

**Absorber, die Schadstoffe absorbieren**

**Produkte umweltfreundlicher Technologien**

**R.D.SCHUILLING:**

**Minerals in Environmental Technology.-Siena 1998**

# UMWELTMINERALOGIE

## SPEICHERMINERALE

**Speicherminerale sind Minerale, die eine dauerhafte Fixierung von Schadstoffen gewährleisten.**

**Beispiele:**

<b>Speichermineral:</b>	<b>Fixierung von:</b>
CSH-Phasen*	Chloriden
Ellestadit	Chloriden, Sulfaten
Alunit-Jarosit	Phosphate, Ammonium
Sodalith	Oxo-Anionen
Ettringit	Oxo-Anionen
Ca-Al-Hydroxysalze	Organische Anionen
Calcit, Aragonit	Schwermetalle
Perowskit	Schwermetalle
Ellestadit	Schwermetalle
Metall-Metall-Hydroxysalze	Schwermetalle

\*CSH-Phasen bestehen aus Calcium-, Siliziumoxiden und Wassermolekülen.

# **UMWELTMINERALOGIE**

## **ANFORDERUNGEN AN SPEICHERMINERALE**

**Möglichst vollständige Mineralbildung durch thermische und/oder hydraulische Reaktionen.**

**Hohe Stabilität im geochemischen Umfeld (geringe Eigenlöslichkeit und Auslaugbarkeit)**

**Chemische Variabilität zur Schadstoffbindung (diadocher Ersatz, gekoppelte Substitution, Isotypie und Isomorphie)**

**Geringe Permeabilität durch ein dichtes Gefüge**

**Adsorption von anorganischen und organischen Schadstoffen**

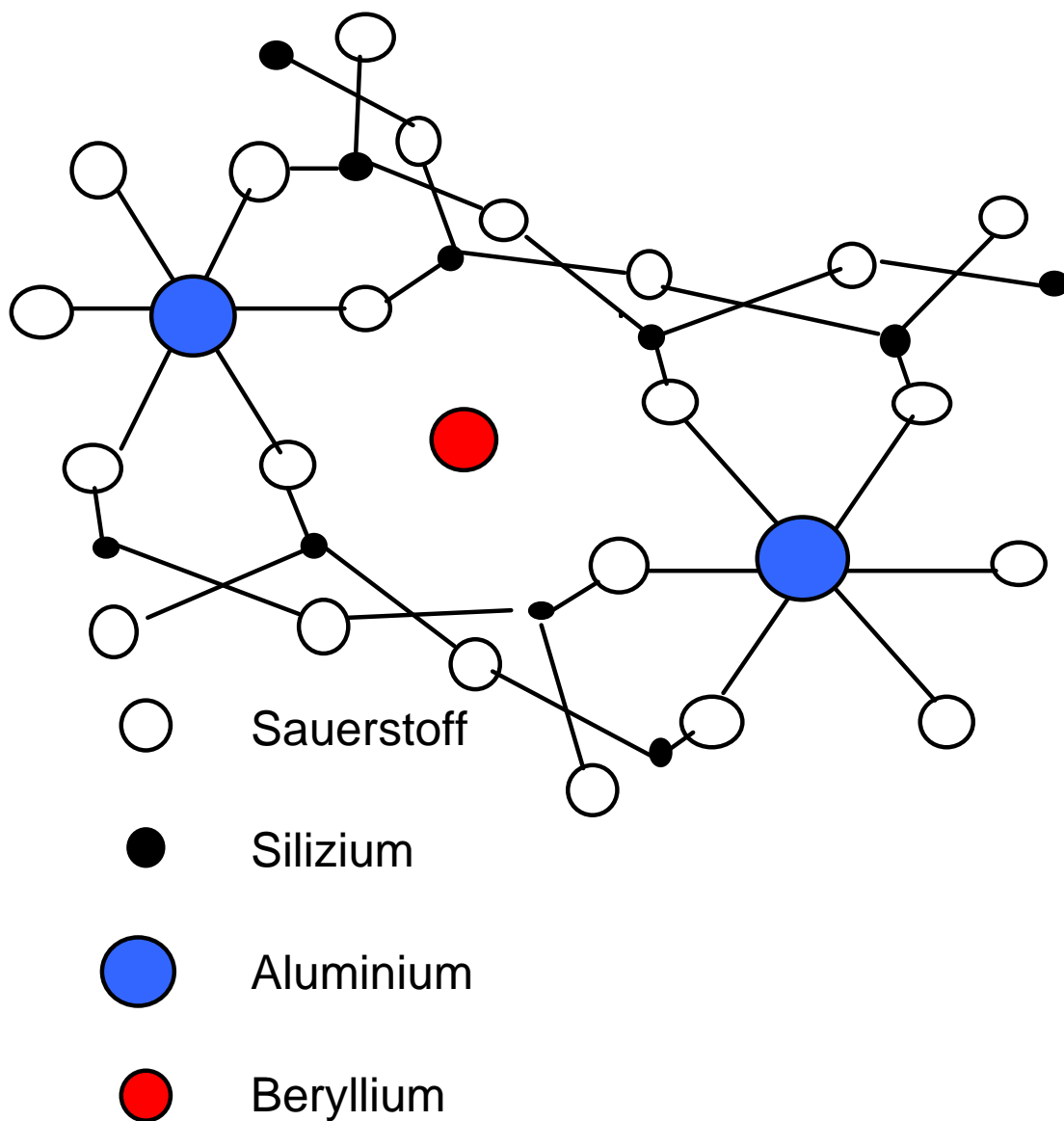
**Stabilität gegen physikalische und chemische Angriffe**

**Anorganische Schadstoffbindung unter Zerstörung der organischen Schadstoffe**

PÖLLMANN, 1999

# UMWELTMINERALOGIE

## EINBAU VON BERYLLIUM IN DAS KRISTALLGITTER DES MINERALS BERYLL



Beryllium ist ein gesundheitsschädliches Element. In das Kristallgitter des Minerals Beryll ist es jedoch so gut abgeschirmt, daß es nicht umweltschädlich wirken kann.

# UMWELTMINERALOGIE

## UMWELTMINERALE

Umweltminerale sind Minerale, die in Umwelttechnologien zur Entlastung der Umwelt eingesetzt werden.

### Beispiele:

Technologie	Umweltmineral
Wasserreinigung	Kalk, Quarz
Gasreinigung	Calcit, Kalk, Quarz
Wirbelschichtverbrennung*	Quarz
Füllstoffe	Calcit, Quarz, Kaolin, Talk
Stofftrennung	Quarz
Katalysatoren	Zeolithe
Festkörpersäuren	Tonminerale
Abdichtungen	Tonminerale
Schadstofffixierung	Speicherminerale
Immobilisierung	Speicherminerale

\* Um den Verbrennungsvorgang zu optimieren, wird z.B. Quarzsand mit Luft verwirbelt. In diesem Wirbelbett wird der Brennstoff verbrannt. Die Wärmeübertragung wird dadurch verbessert.

# **UMWELTMINERALOGIE**

## **GEWINNUNG MINERALISCHER ROHSTOFFE**

**Produktion mineralischer Rohstoffe  
(OECD 1996)**

**0,02 Mia.t Edelmetalle & Edelsteine**

**0,70 Mia.t Erze**

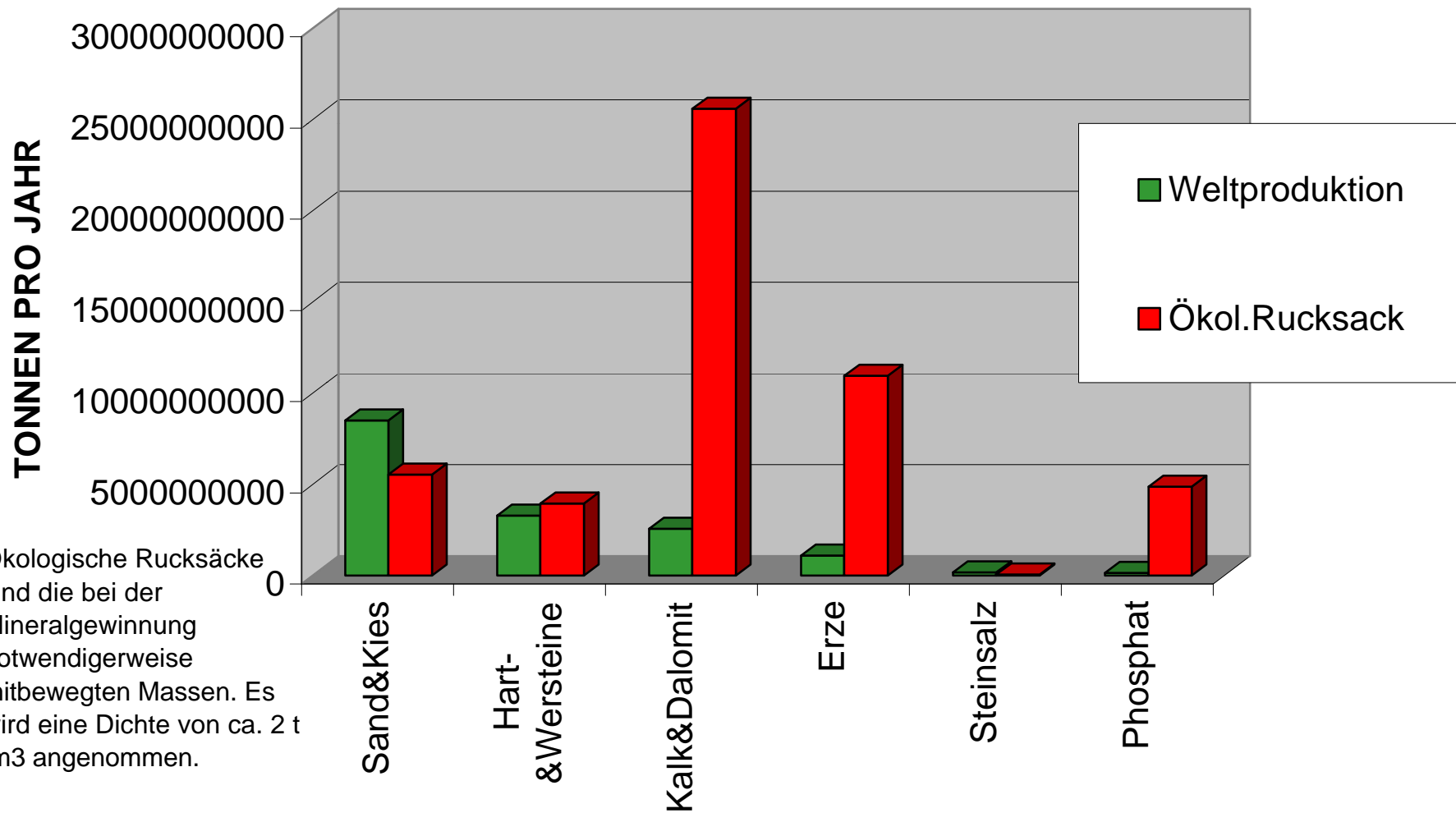
**16,00 Mia.t Baurohstoffe und  
Industrieminerale**

**16,72 Mia.t mineralische Rohstoffe**

**Die jährliche Produktion mineralischer Rohstoffe  
beträgt in den OECD-Staaten fast 17 Milliarden  
Tonnen pro Jahr.**

**Dies entspricht ca. 3 Tonnen pro Person.**

# WELTPRODUKTION MINERLISCHER ROHSTOFFE

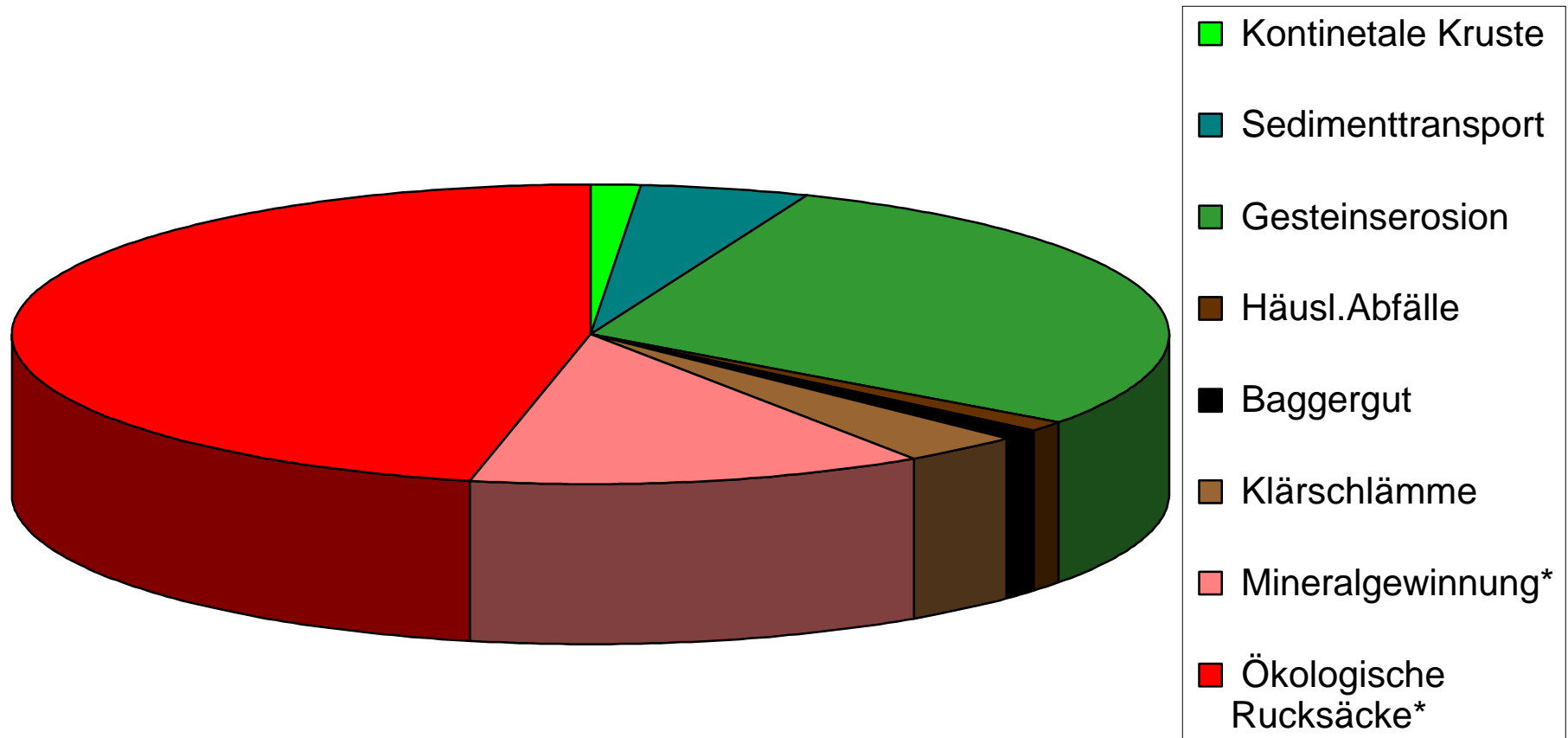


<b>Mineral</b>	<b>Weltprod.</b>	<b>Ökologischer Rucksack*</b>		
Sand&Kies	8500000000	5525000000	t/a	
Werksteine	3284500000	3941400000	t/a	
Kalk&Dolomit	2559562000	25595620000	t/a	
Erze	1094822000	10948220000	t/a	
Steinsalz	173900000	52170000	t/a	
Phosphat	143336000	4873424000	t/a	
Gips	87635000	?	t/a	
Schwefel	55302000	49771800	t/a	
Kalisalze	28760000	?	t/a	
Kaolin	22400000	?	t/a	
Magensit	13568000	*ökologische Rucksäcke sind alle bei der Rohstoff- Gewinnung bewegten Massen außer der Rohstoff selbst	t/a	
Bentonit	9570000		t/a	
Soda	8101000		t/a	
Talk	7300000		t/a	
Flußspat	4845000		t/a	
Baryt	4366000		t/a	
Feldspat	4256000		t/a	
Asbest	4106000		t/a	
Bor	2662000		t/a	
Kieselgur	1777000		t/a	
Glimmer	775000		t/a	
Graphit	608000		?	t/a
<b>Summe</b>	<b>16012151000</b>		<b>50985605800</b>	<b>t/a</b>
<b>Steinkohle</b>	<b>3405370000</b>		<b>20432220000</b>	<b>t/a</b>
<b>Erdöl</b>	<b>2907300000</b>	<b>290730000</b>	<b>t/a</b>	
<b>Braunkohle</b>	<b>1239080000</b>	<b>13629880000</b>	<b>t/a</b>	
<b>Summe</b>	<b>23563901000</b>	<b>85338435800</b>	<b>t/a</b>	

Quelle: BGR Hannover, Stand 1996

<b>Mineral</b>	<b>Weltproduktion</b>	<b>Ökol.Rucksack</b>
Sand&Kies	8500000000	5525000000
Hart-&Wersteine	3284500000	3941400000
Kalk&Dalomit	2559562000	25595620000
Erze	1094822000	10948220000
Steinsalz	173900000	52170000
Phosphat	143336000	4873424000

# NATÜRLICHE UND ANTHROPOGENE MASSENBILANZ



# **UMWELTMINERALOGIE**

## **UMWELTPOLITISCHE PARADIGMEN**

**Durch die intensive Diskussion des Umweltschutzes sind neue umweltpolitische Paradigmen entstanden. Daraus ergibt sich die Bedeutung der Umweltmineralogie für unsere Zukunft.**

### **Umweltpolitische Paradigmen:**

**ganzheitliche Ansätze**

**Stoffstromdenken**

**produktions- & produktintegrierter Umweltschutz**

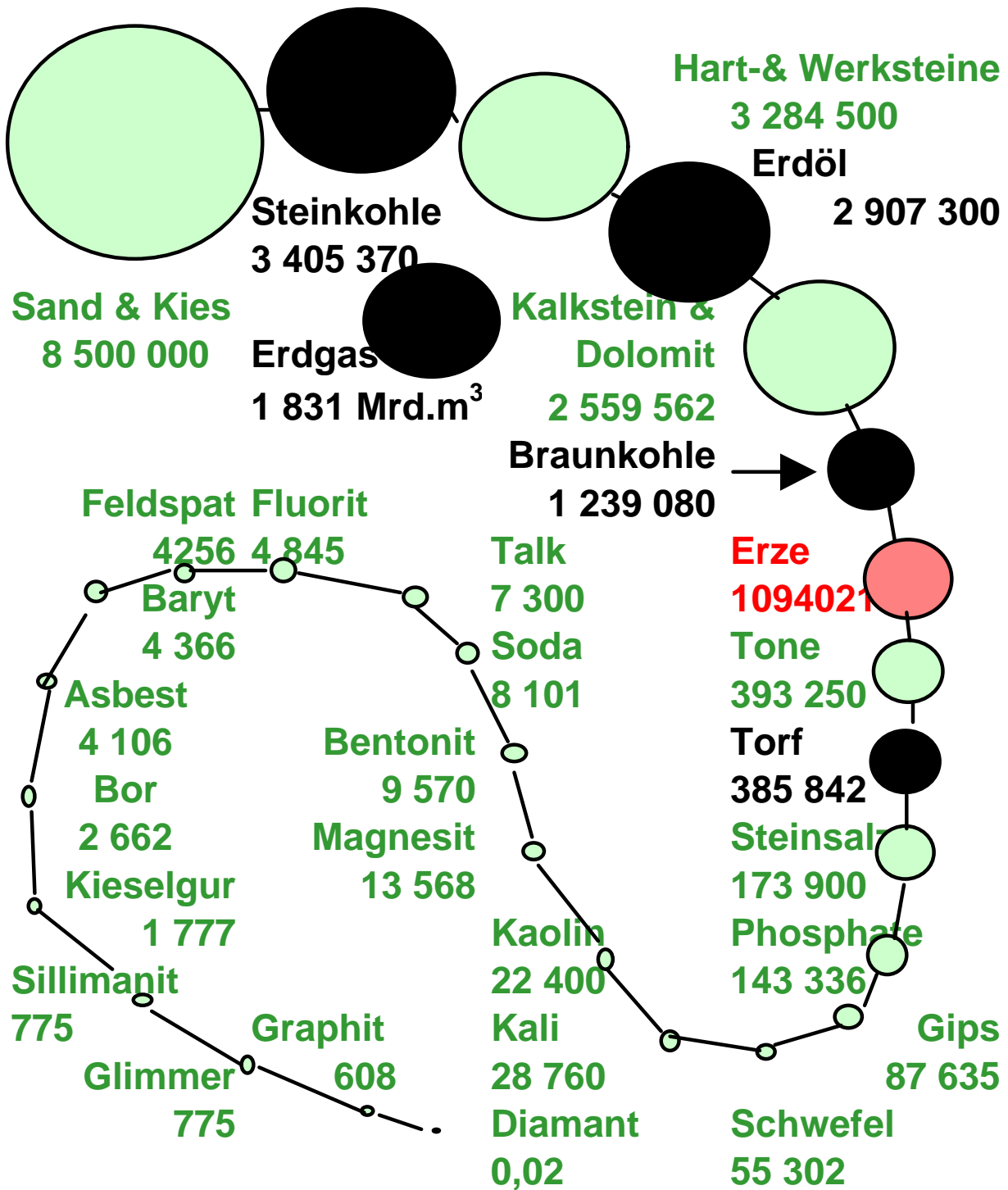
**Ökologische Bilanzierungen und Wertungen**

**Die größten Stoffumsätze geschehen bei der Gewinnung und Aufbereitung von mineralischen Rohstoffen.**

**Mineralische Rohstoffe spielen andererseits im Umweltschutz eine bedeutende Rolle.**

**Die Umweltmineralogie ist daher eine wichtige Wissenschaft, die einen bedeutenden Beitrag zur Lösung von Umweltproblemen leisten kann.**

# WELTROHSTOFFPRODUKTION (MINERALE)



Datenbasis: 1996  
Angaben in 1.000 t/Jahr

# UMWELTMINERALOGIE

## NATÜRLICHE & ANTHROPOGENE MASSENBILANZ (Milliarden m<sup>3</sup> pro Jahr)

Die von Menschen bewegten Massen übertreffen die von der Natur durch Abtragung, Verwitterung und Transport durch Wind, Wasser und Eis verlagerten Massen inzwischen deutlich.

### Von der Natur bewegte Massen:

<b>Kontinentale Kruste</b>	<b>1,2 Mia.m<sup>3</sup>/Jahr</b>
<b>Sedimenttransport</b>	<b>4,5 Mia.m<sup>3</sup>/Jahr</b>
<b>Gesteinserosion</b>	<b>26,4 Mia.m<sup>3</sup>/Jahr</b>
<b>Summe:</b>	<b>32,1 Mia.m<sup>3</sup>/Jahr</b>

### Vom Menschen bewegte Massen:

<b>Häusl.Abfälle</b>	<b>1 Mia.m<sup>3</sup>/Jahr</b>
<b>Baggergut</b>	<b>1 Mia.m<sup>3</sup>/Jahr</b>
<b>Klärschlämme</b>	<b>3 Mia.m<sup>3</sup>/Jahr</b>
<b>Mineralgewinnung*</b>	<b>11,8 Mia.m<sup>3</sup>/Jahr</b>
<b>Ökologische Rucksäcke*</b>	<b>42,7 Mia.m<sup>3</sup>/Jahr</b>
<b>Summe:</b>	<b>59,5 Mia.m<sup>3</sup>/Jahr</b>

\* Ökologische Rucksäcke sind die bei der Gewinnung von Mineralen notwendigerweise mit bewegten Massen (angenommene Dichte = 2 t/m<sup>3</sup>)

FÖRSTNER, 1994, ergänzt

<b>Kontinentale Kruste</b>	<b>1,2</b>
<b>Sedimenttransport</b>	<b>4,5</b>
<b>Gesteinserosion</b>	<b>26,4</b>
<b>Häusl.Abfälle</b>	<b>1</b>
<b>Baggergut</b>	<b>1</b>
<b>Klärschlämme</b>	<b>3</b>
<b>Mineralgewinnung*</b>	<b>11,8</b>
<b>Ökologische Rucksäcke*</b>	<b>42,7</b>

# UMWELTMINERALOGIE

## DIE ROHSTOFFPROBLEMATIK

**Von Menschen werden mehr Massen bewegt als von der Natur durch Abtragung, Verwitterung und Transport durch Wind, Wasser und Eis.**

**Etwa ein Viertel der Menschheit verbraucht etwa drei Viertel aller Rohstoffe.**

**Seit dem Zweiten Weltkrieg hat die Menschheit mehr Rohstoffe verbraucht als in der gesamten Geschichte davor.**

WELLMER & BECKER-PLATEN, 1999

# THEMEN DER UMWELTMINERALOGIE

## **Entwicklung von Methoden zur Bewertung von Mineraleigenschaften**

### **Umweltgerechte Aufbereitung von Mineralen**

physikalische und chemische Methoden

Recycling-Methoden

## **Minerale in der Umwelt**

Verhalten in Boden, Wasser und Luft

Substitution toxischer Minerale

Langzeitverhalten von Mineralen

Modellierungen

## **Minerale im Umweltschutz**

Tracer

Reinigungstechniken

Immobilisieren

Verwerten und Entsorgen

Schließen von Stoffkreisläufen

## **Minerale in umweltfreundlichen Technologien**

Umweltgerechter Bergbau

produktions- und produktintegrierter Umweltschutz

Sekundär-Rohstoffe

Erdwärme, Fotovoltaik, Oberflächen

Katalysatoren

Brennstoffzellen

## **Kristallbautechnik**

neue Molekülkristalle

# **UMWELTMINERALOGIE**

**Ein Beispiel:**

**Die Herstellung von Baustoffen  
aus Abfallstoffen**

# **UMWELTMINERALOGIE**

## **KRITERIEN FÜR DIE BEWERTUNG VON ABFÄLLEN NACH DEM SUBSTITUTIONSPRINZIP**

**Mineralogische Verbindungen**

**Einfluß von Mineralverbindungen auf die  
umgebenden Phasen  
(Matrix-Effekte)**

**Verkrustungen (Coating-Effekte)**

**Bildung sekundärer Minerale**

**Imprägnierungen**

**Von der Korngröße abhängige reaktive  
Oberflächen**

**Prognostizierbarkeit der Schadstofffreisetzung  
oder -Einbindung unter dem Einfluß unter-  
schiedlicher physiko-chemischer Millieus**

MEDERER 1995, erweitert

# UMWELTMINERALOGIE

**Das Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen vom 7.10.1996 unterstützt die Schonung natürlicher Ressourcen und die stoffliche Verwertung von Abfällen.**

**"Zweck des Gesetzes ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen und die Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen"  
§ 1 KrW-/AbfG**

**"Die stoffliche Verwertung beinhaltet die Substitution von Rohstoffen durch das Gewinnen von Stoffen aus Abfällen (sekundäre Rohstoffe)  
§ 4,3 KrW-/AbfG**

# UMWELTMINERALOGIE

## RECHTLICHE VORGABEN DES EINBRINGENS VON STOFFEN IN DIE LITHOSPHERE

Die Verwertung und Entsorgung von Abfallstoffen unter Tage wird durch 3 Verordnungen geregelt:

**Gesundheitsschutz-  
Bergverordnung  
(GesBergV)** → **Bergbau-Baustoffe  
zum  
Grubenausbau**

**Technische Regeln  
Versatz  
(TR Versatz)** → **Versatz-Produkte  
für  
Versatzmaßnahmen**

**Zweite allgemeine  
Verwaltungsvorschrift  
zu Abfallgesetz  
(TA Abfall)** → **Deponierung von  
Abfallstoffen in  
Untertage-Deponien**

# UMWELTMINERALOGIE

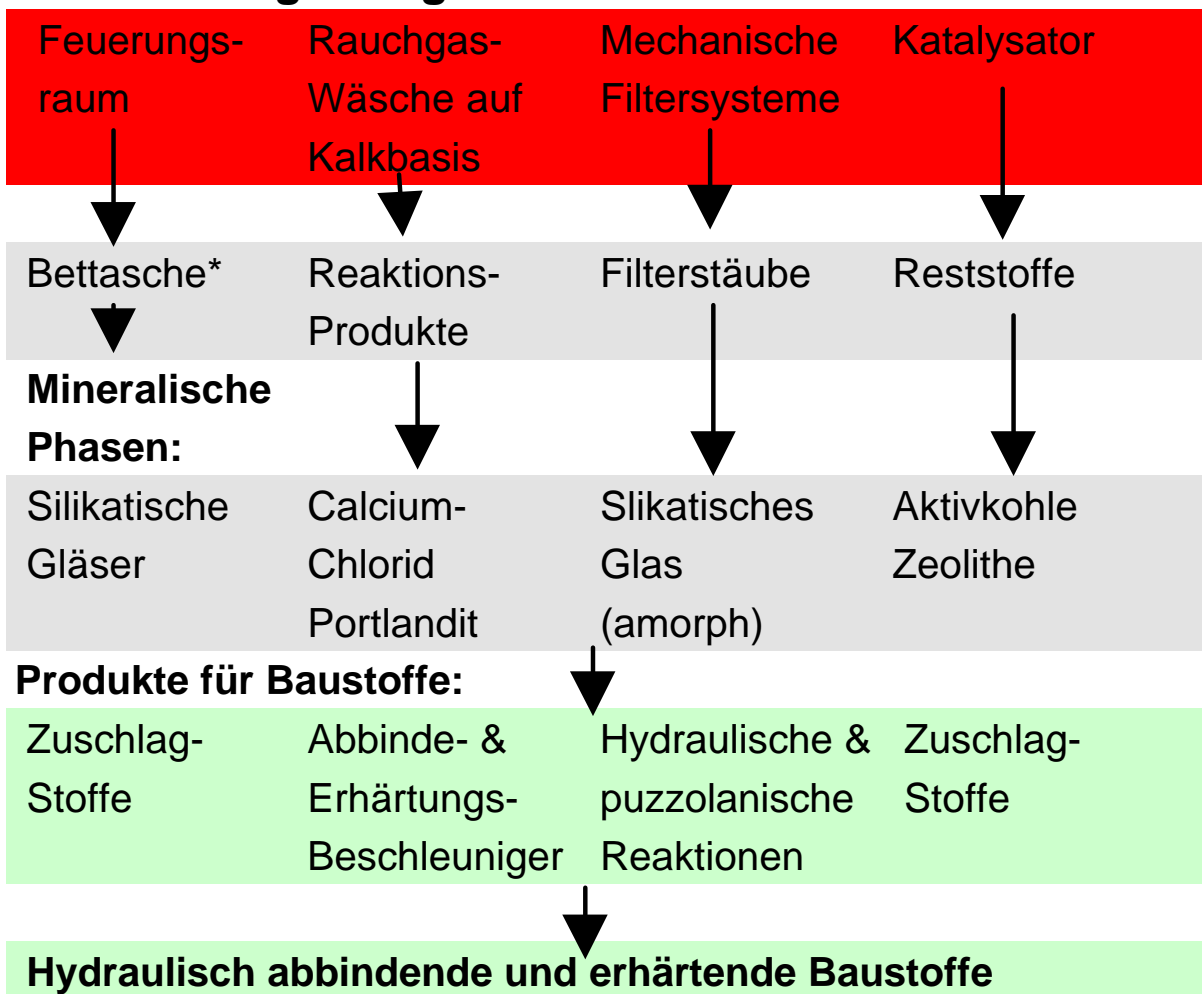
## DIE NUTZUNG VON STOFFLICHEN EIGENSCHAFTEN

Baustoffe bestehen aus Zuschlagstoffen, Bindemitteln und Zusatzstoffen.

Diese Produkte können teilweise durch geeignete Abfallstoffe ersetzt (substituiert) werden.

Solche Abfallstoffe fallen u.a. in industriellen Verbrennungsanlagen bei der Verbrennung von Kohle, Klärschlamm oder Abfall an.

### Verbrennungsanlage:



\* Bettaschen sind die unverbrannten Reste in Ofenraum

# UMWELTMINERALOGIE

## ENTLASTUNG DER UMWELT DURCH DIE IMMOBILISIERUNG VON SCHADSTOFFEN

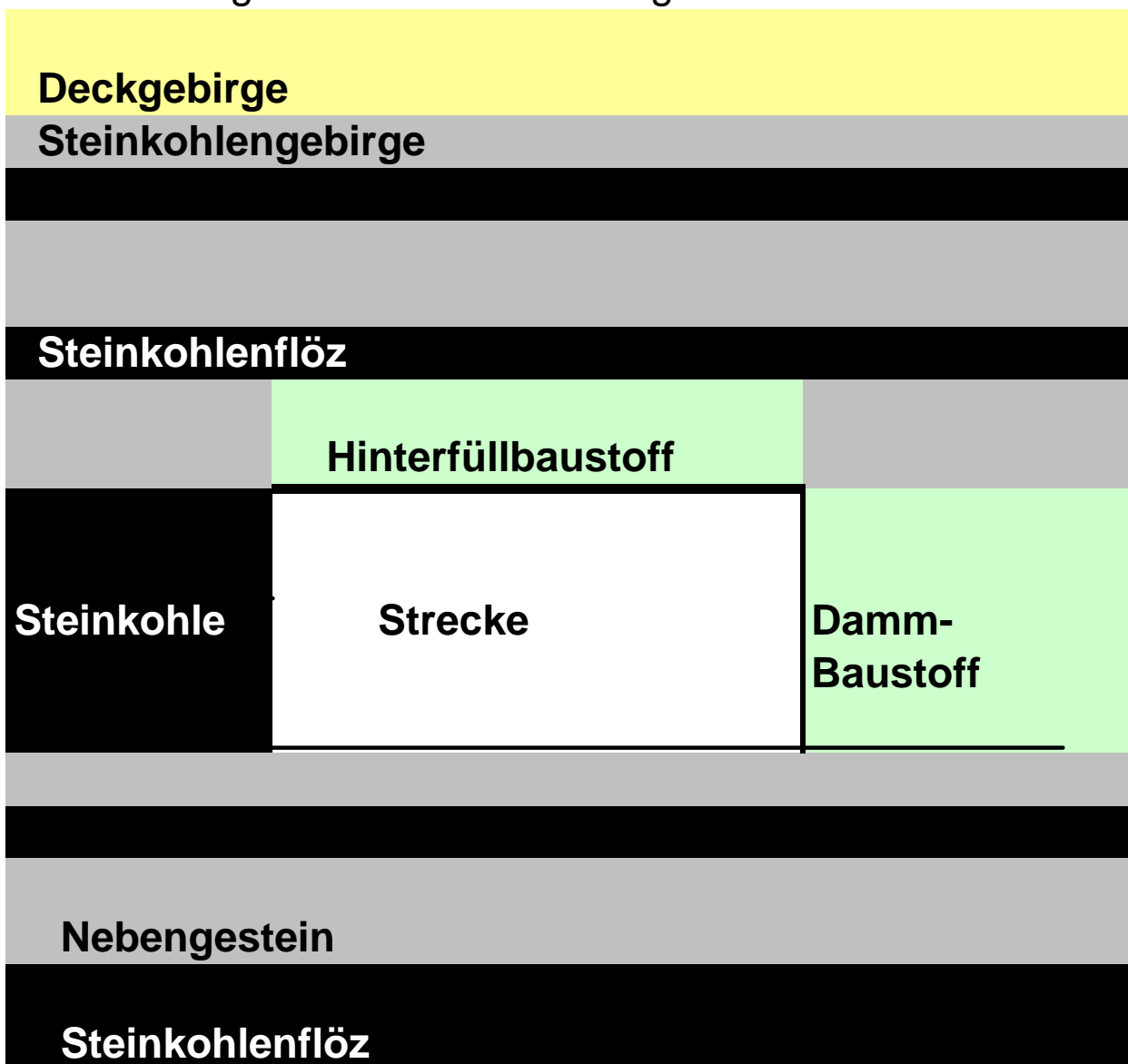
Durch das Einbringen von Stoffen in die Lithosphäre werden diese immobilisiert, da die Stoffkreisläufe hier unendlich langsam ablaufen.

Biosphäre:	Schacht	Teufe:
<b>schnelle Stoffkreisläufe</b>		
		100 m
<b>Deckgebirge:</b>		200 m
<b>langsame Stoffkreisläufe</b>		
		300 m
		400 m
<b>Karbon-Gebirge:</b>		500 m
<b>stagnierende Stoffkreisläufe</b>		
Wasserstauer		600 m
<b>Dichteschichtung</b>		
Hydrogeologisches Potential		700 m
<b>Sorption des Fernfeldes</b>		
Innere geochemische Barriere (Minerale)		800 m
<b>Speichervermögen des Nahfeldes</b>		
Innere hydraulische Barriere (Dichtigkeit)		900 m
	<b>Makrogefüge:</b>	
	<b>Dichtigkeit &amp; Sorption</b>	1.000 m
	<b>Mikrogefüge:</b>	
		1.100 m

# UMWELTMINERALOGIE

## STRECKENAUSBAU MIT BERGBAUBAUSTOFFEN

Um Steinkohle abzubauen, benötigt man ein Streckennetz von mehreren Kilometern. Diese Strecken werden mit Baustoffen ausgebaut, um die Bergleute zu schützen. Durch den Ausbau wird außerdem die Strecke nicht zusammengedrückt und bleibt länger erhalten.



# UMWELTMINERALOGIE

## ANFORDERUNGEN AN BERGBAUBAUSTOFFE

Druckfestigkeit nach einer Abbindedauer von:

h	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
0,02	0	0	0
0,25	2	0	0
1	5	0	0
3	8	2	0
5	12	5	0
12	20	10	2
24	30	15	5
48		20	8
72			11
168			15
672			20

**Bergbau-Baustoffe müssen schnell erhärten, damit sie frühzeitig die Gebirgskräfte aufnehmen können.**

Götze et al.: Ausbautechnische Anforderungen an Baustoffe im Bergbau.- Glückauf 120 (1984), Nr.21,S.1397ff.

# UMWELTMINERALOGIE

## VERGLEICHENDE UMWELTBILANZ INDUSTRIELLER VERFAHREN ZUR ENTSORGUNG/VERWERTUNG VON STÄUBEN AUS DER ABFALLVERBRENNUNG

	<b>Immobil. &amp; Deponie</b>	<b>Asphalt- Beton</b>	<b>Bergbau- Baustoffe</b>
Belastung Grundwasser	möglich	möglich	keine
Erosion	möglich	möglich	keine
Korrosion	möglich	möglich	gering
Dauerhaftigkeit (Jahre)	x 100	x 100	x 100 Mio.
Einsparen von Grundstoffen	Verbrauch durch Immobilisieren	gering	sehr groß*
Sparen von Energie	keine	gering	sehr groß*
Reduzierung von CO <sub>2</sub>	keine	keine	sehr groß*

\* durch Einsparen von Zement, Zusatz-& Zuschlagstoffen