

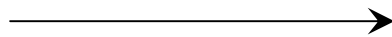
„Wir graben in manchem Haus,
das Recht haben wir vom König aus,
wir fahren zur Salpeterei,
von Pflastergeld und Schranken frei,
Es lebe die Saliterei,
bin schranken-, zoll- und steuerfrei.“



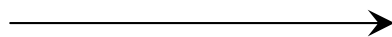
Bauschädigende oder bauschädliche Salze sind

wasserlösliche Verbindungen

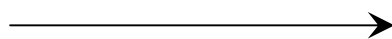
Zunahme der Löslichkeit



Schädigende Wirkung

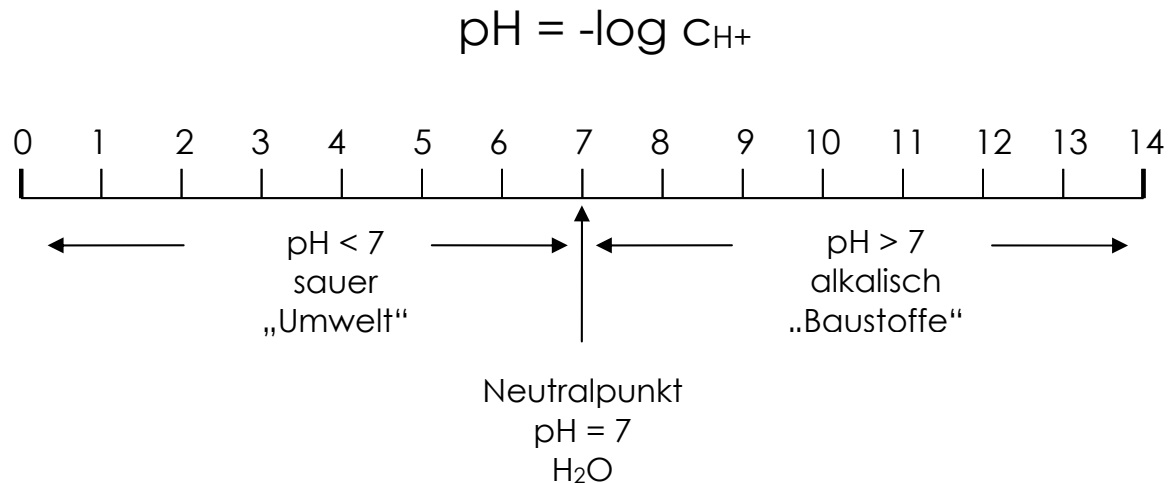


Sulfat –, Chlorid –, Nitrat-Verbindungen



Definition des pH - Wert

Der pH – Wert ist die Maßzahl für die Wasserstoffionenkonzentration einer Lösung



Beispiel:

Die Konzentration an Wasserstoffionen c_{H^+} im reinen Wasser beträgt 10^{-7}

$$\text{pH} = -\log 10^{-7}$$

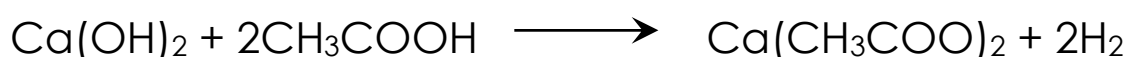
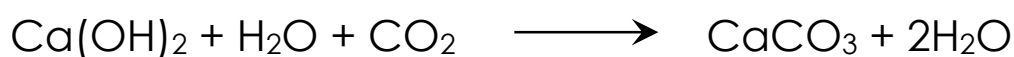
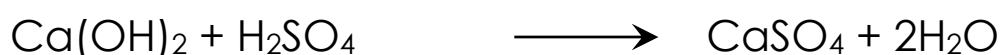
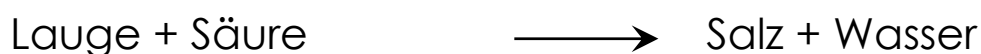
$$\text{pH} = 7$$

$$\text{pH} < 7 \quad \text{sauer, Säuren}$$

$$\text{pH} > 7 \quad \text{alkalisch, Laugen}$$

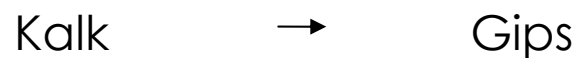
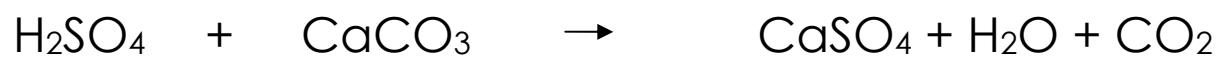
Neutralisation = Salzbildung

Beispiele:



Lösender Angriff durch chemische
Korrosion mit H_2SO_4

Reaktionsschema:



Entstehung von Salzen in Baustoffen

- Bestandteil des Baustoffs
- Neutralisation alkalischer Bestandteile durch Säuren
- Streusalz, Spritzwasser
- Bodenfeuchte, aufsteigende Feuchtigkeit
- Anwendung saurer bzw. alkalischer Sanierungspräparate
- Mikroorganismen (Nitrobakter, Sulfobakter)
- Aus der Nutzung (Beispiel: Stallnutzung)
- Reaktion von Bindemitteln
(Gips + $C_3A \rightarrow$ Ettringit)
- Umwandlung von Carbonaten in Sulfate
(Bindemittelumwandlung)

Die wichtigsten bauschädlichen Salze

Chemische Zusammensetzung

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Bittersalz, Magnesiumsulfat

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Gips, Calciumsulfat

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ Glaubersalz, Natriumsulfat

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ Ettringit

$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Calciumchlorid

NaCl Kochsalz, Natriumchlorid

$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Magnesiumnitrat

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ Calciumnitrat

$5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ Kalksalpeter

CaCO_3 Kalk, Calciumcarbonat

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ Soda, Natriumcarbonat

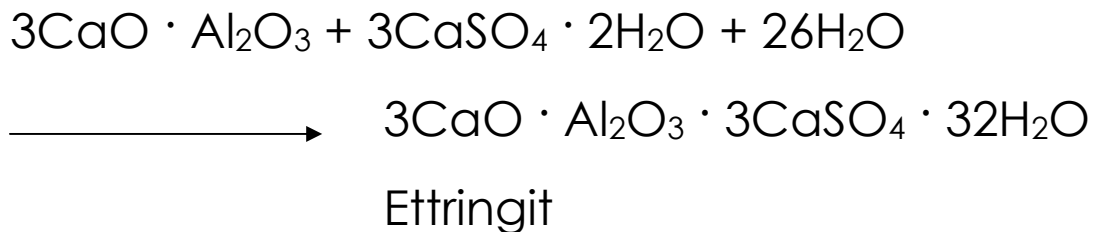
K_2CO_3 Pottasche, Kaliumcarbonat

Lösende und treibende Angriffe

Reaktionsgleichungen für die Umwandlung von
Carbonaten in Sulfate und die jeweilige
Volumenzunahme in %

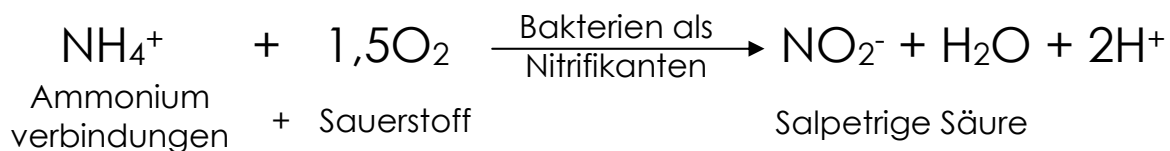
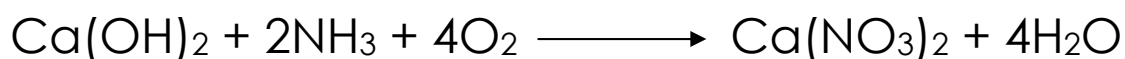
$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (Kalkspat)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (ca. 100%) (Gips)
$\text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ (Magnesit)	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (ca. 430%) (Bittersalz)
$\text{FeCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ (Eisenspat)	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (ca. 480%) (Eisenvitriol)
$\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 15\text{H}_2\text{O}$ (Tonerde)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ (ca. 1400%) (Aluminiumsulfat)

Bildung von Treibmineralien (Ettringit)

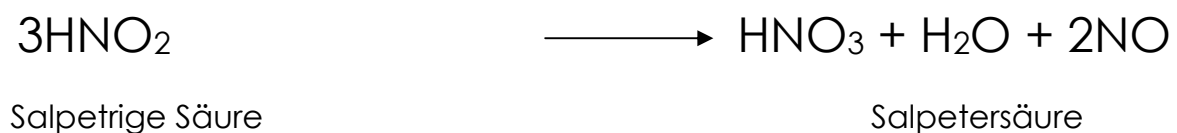


Nitratbildung durch Ammoniak und Bakterien

Gleichung 1



Gleichung 2



Berechneter Kristallisationsdruck einiger Salze

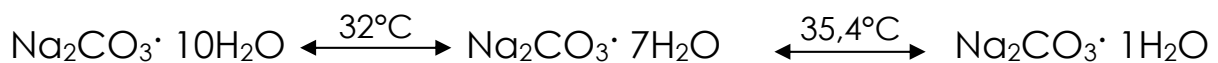
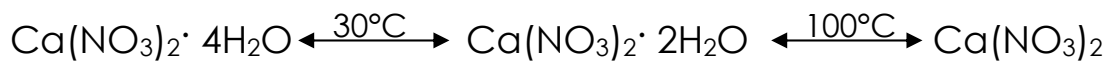
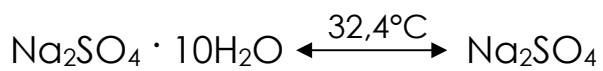
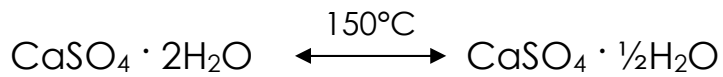
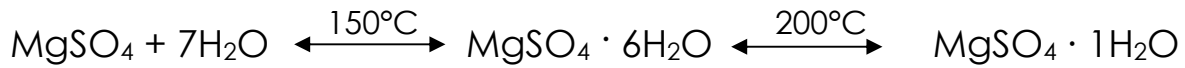
Angaben in N/mm²

Chemische Bezeichnung	Molvolumen	Kristallisationsdruck			
		c/cs = 2		c/cs = 10	
		0°C	50°C	0°C	50°C
CaSO ₄ · ½ H ₂ O	46	33,5	39,8	112,0	132,5
CaSO ₄ · 2H ₂ O	55	28,2	33,4	93,8	111,0
MgSO ₄ · 7½H ₂ O	147	10,5	12,5	35,0	41,5
MgSO ₄ · 6H ₂ O	130	11,8	14,1	39,5	49,5
MgSO ₄ · 1H ₂ O	57	27,2	32,4	91,0	107,9
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	220	7,2	8,3	23,4	27,7
Na ₂ SO ₄	53	29,2	34,5	97,0	115,0
NaCl	28	55,4	65,4	184,5	219,0
Na ₂ CO ₃ · 10H ₂ O	199	7,8	9,2	25,9	30,8
Na ₂ CO ₃ · 7H ₂ O	154	10,0	11,9	33,4	36,5
Na ₂ CO ₃ · 1H ₂ O	55	28,0	33,3	93,5	110,9

c/cs = Wert für die Übersättigung der Lösung

Bauschädliche Salze

Hydratbildung einiger Salze



Hygroskopische Wasseraufnahme von Ziegelsteinen mit und ohne Versalzung –

Zusammenstellung von Messergebnissen

Salzart	Versalzungsgrad in mg/g Ziegel	Wasseraufnahme in M-% in Abhängigkeit von Lagerdauer und Luftfeuchte			
		20d / 65% r.F.	20d / 97% r.F.	20d / 86% r.F.	180d / 83% r.F.
NaCl	29	1,0	9,3	5,5	-
NaCl	43	-	11,1	6,2	13,2
MgSO ₄	55	2,3	4,1	3,1	-
MgSO ₄	28	1,3	2,2	1,8	-
Ca(NO ₃) ₂	82	5,1	10,8	-	-
Ca(NO ₃) ₂	107	5,2	12,1	9,4	12,5

Hygroskopische Wasseraufnahme von Ziegelsteinen mit und ohne Versalzung –

Zusammenstellung von Messergebnissen

Schlussfolgerungen:

Als konkretes Ergebnis der Versuche kann festgestellt werden, dass hygroskopische Feuchteaufnahme ab folgendem Schwellenwert eintritt:

Calciumnitrat

relative Feuchte 18,9%:	Hydratwasser vollständig eingelagert
relative Feuchte 50,5%:	hygroskopische Aktivität

Magnesiumsulfat

relative Feuchte 52,6:	Hydratwasser vollständig eingelagert
relative Feuchte 88,6%:	hygroskopische Aktivität

Natriumchlorid

relative Feuchte 75,3%:	hygroskopische Aktivität
-------------------------	--------------------------

Hygroskopisch kann dann so viel Wasser aufgenommen werden, dass nahezu die Sättigungsfeuchte des Baustoffs erreicht wird.

Berechnete Hydratationsdrucke einiger Salze

Angaben in N/mm²

CaSO₄ · ½H₂O zu CaSO₄ · 2H₂O

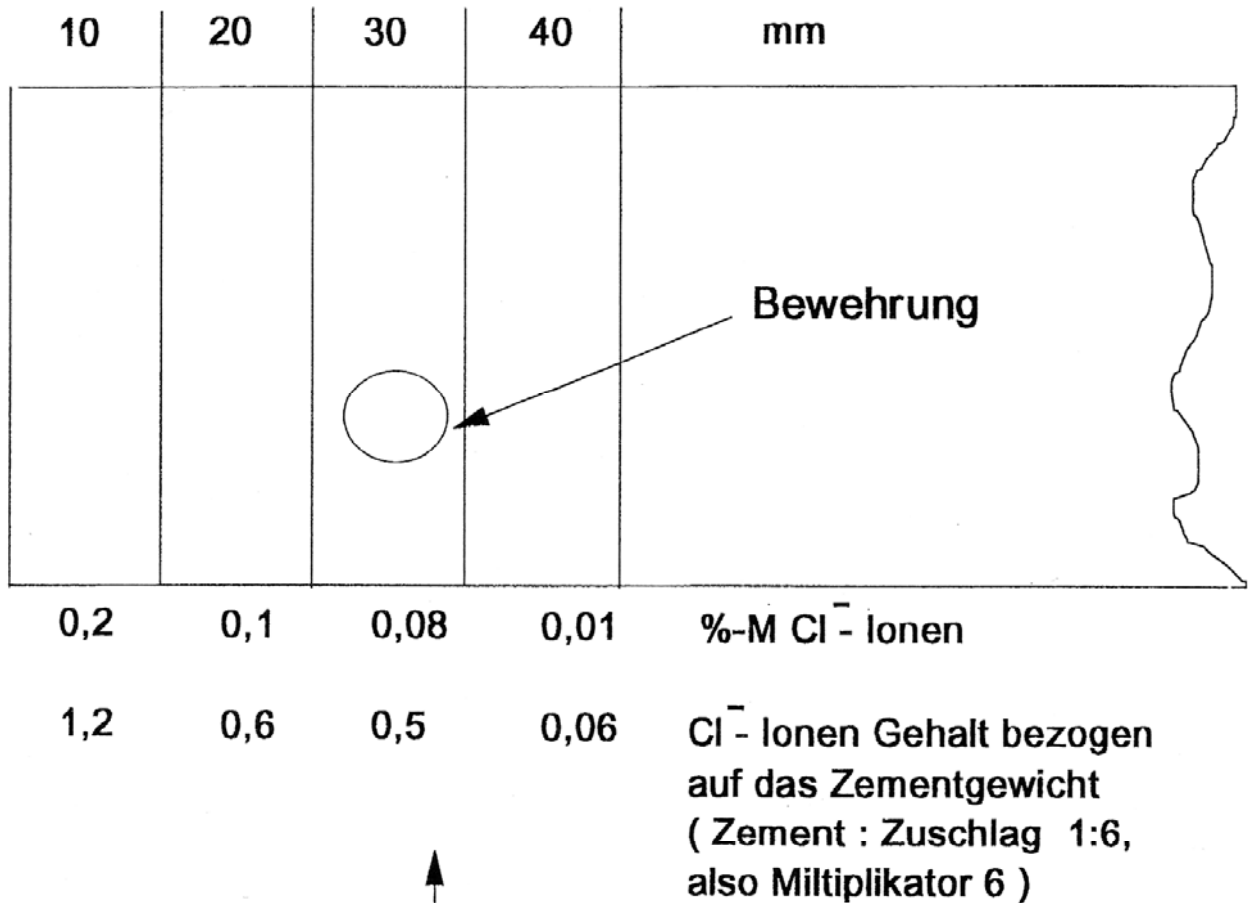
<u>relative</u> <u>Luftfeuchte %</u>	<u>0°C</u>	<u>20°C</u>	<u>60°C</u>
100%	219,0	175,5	92,6
70%	160,0	114,5	25,4
50%	107,2	57,5	0

MgSO₄ · 6H₂O zu MgSO₄ · 7H₂O

<u>relative</u> <u>Luftfeuchte %</u>	<u>10°C</u>	<u>20°C</u>	<u>30°C</u>
100%	146,6	11,7	9,2
70%	9,7	6,8	4,0
50%	5,0	1,9	0

Na₂CO₃ · H₂O zu Na₂CO₃ · 7H₂O

<u>relative</u> <u>Luftfeuchte %</u>	<u>0°C</u>	<u>20°C</u>	<u>60°C</u>
100%	93,8	61,1	43,0
70%	63,7	28,4	9,4
50%	24,3	-	-

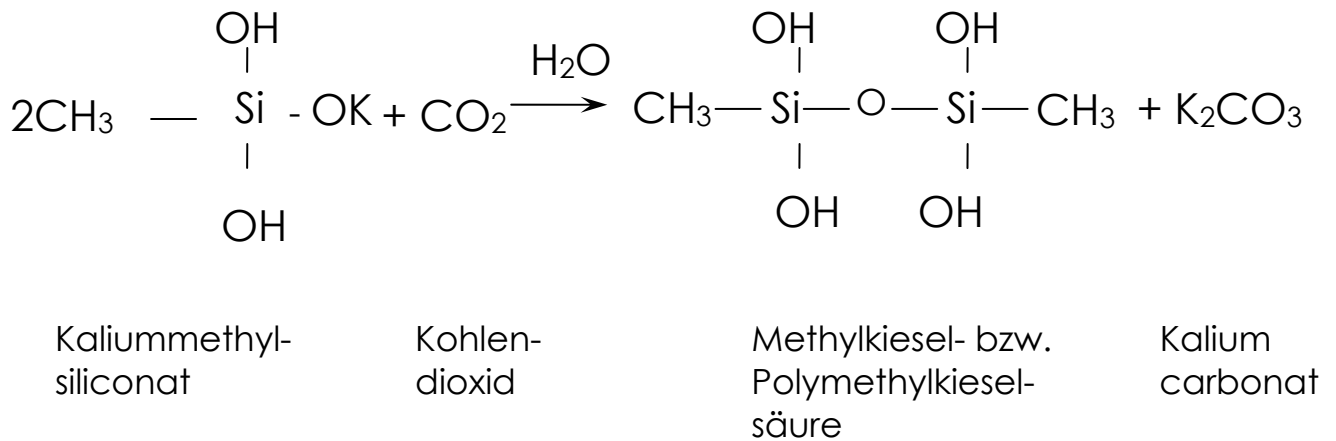
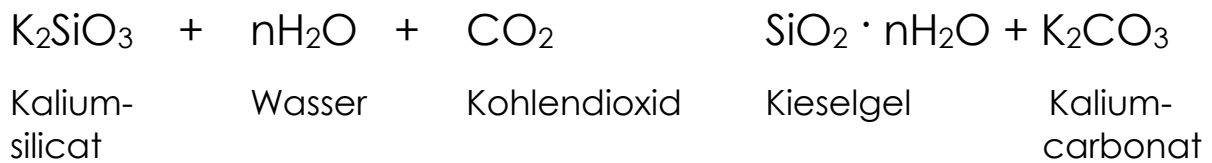


Der Beton muß also bis ca. 30 mm Tiefe abgeräzt werden

Schäden durch Salze

- Kristallisation (Kristallisationsdruck)
- Hydratation (Hydratationsdruck)
- Treibende Angriffe (Sulfattreiben)
- Frost- Tausalz- Schäden
- Hygroskopizität
- Carbonatisierungsschäden

Physikalische Salzbehandlung durch Hydrophobierung und Kapillarverdichtung

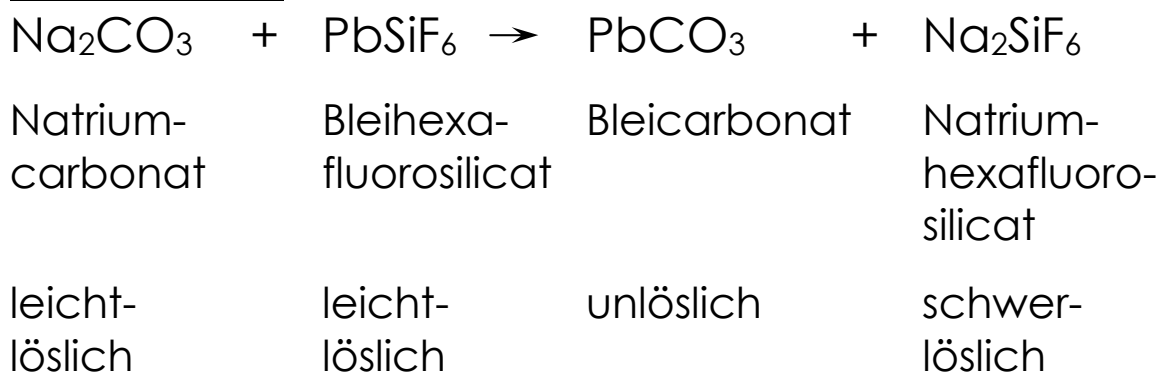


Chemische Salzbehandlung durch Umwandlung in schwerlösliche Salze

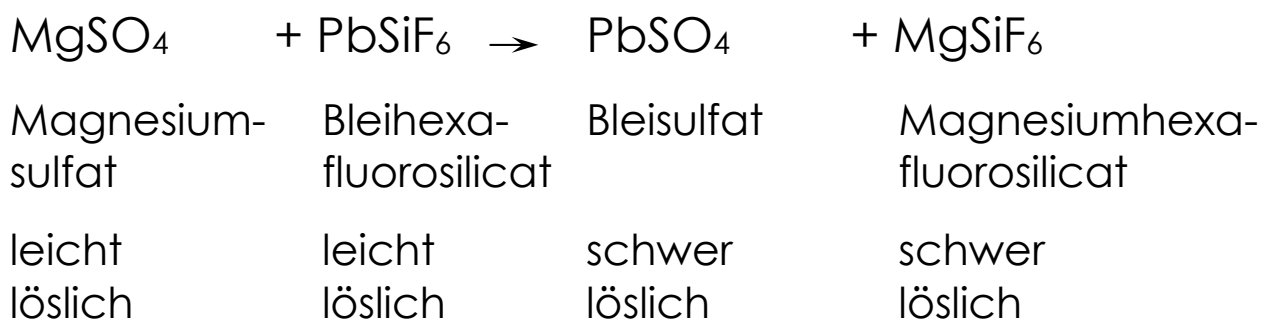
Nitrate:

sind nicht erfassbar, da es keine schwerlöslichen Nitrate gibt.

Carbonate:



Sulfate:



Chloride:

