

Weiterbildungslehrgang

„Die grafische und rechnerische Auswertung von fest-flüssig-Phasengleichgewichten des quinären Systems der ozeanischen Salze“

Die grafische Darstellung von Phasengleichgewichten ist einer der wesentlichsten Wege zum Verständnis der oftmals komplexen Zusammenhänge in Salz-Wasser-Systemen. Im Mittelpunkt des fünf-tägigen Kurses stehen dabei die vielfältigen Lösungsgleichgewichte des quinären Systems der ozeanischen Salze, einschließlich dessen Randsysteme. Beginnend mit physikalisch-chemischen Grundlagen von Kristallisationsprozessen werden schrittweise die jeweiligen Phasendiagramme detailliert vorgestellt und diskutiert. Diese sind auch die Basis zur Ableitung von Kristallisationsbahnen sowie zur Quantifizierung von Löse- und Kristallisationsprozessen bei Eindampf- oder Kühlprozessen. Das vermittelte Wissen wird durch vielfältige Übungen untersetzt, in denen die Teilnehmer die Anwendung der vorgestellten Algorithmen selbst üben. Sämtliche Teilnehmer erhalten einen kompletten Satz aller diskutierten Phasendiagramme sowie eine detaillierte Beschreibung möglicher Lösungswege für die betrachteten Fragestellungen.

1. Grundlagen

1.1 Löslichkeit und Konzentrationen

- Löslichkeit – Gleichgewicht
- Konzentrationsangaben
- Löslichkeitsdiagramme
- Stabile – metastabile Gleichgewichte

1.2 Kristallisation

- Prinzipielle Möglichkeiten und Grundlagen
- Keimbildung / Kristallwachstum
- Lösungsenthalpie – Kristallisationsenthalpie
- Verdampfungsenthalpie

1.3 Die Gibbs'sche Phasenregel

1.4 Phasendiagramme

- Allgemeines – Phasendiagramm von Wasser / Schwefel
- Schmelzdiagramme von binären Systemen
- Eutektische Systeme
- Peritektische Systeme
- Einfache ternäre Systeme

2. Darstellung von Löslichkeitsgleichgewichten

- Nicht mischbare, teilweise mischbare Flüssigkeiten
- Flüssig – Gas - Gleichgewichte / Dampfdruckdiagramme

3 Phasendiagramme von binären Wasser- Salz-Gemischen

- Das System NaCl - H₂O
- Das System KCl - H₂O
- Das System Na₂SO₄ - H₂O,
 - Kongruente / inkongruente Löslichkeit
- Das System MgSO₄ - H₂O
- Das System K₂SO₄ - H₂O
- Das System MgCl₂ - H₂O
- Das System CaCl₂ - H₂O
- Das System CaSO₄ - H₂O
- Die quantitative Beschreibung von Löse- / Kristallisationsprozessen

4 Phasendiagramme von ternären Wasser- Salz-Gemischen

- Prinzipielle Möglichkeiten der grafischen Darstellung
 - Isotherm
 - Polytherm
- Das System NaCl - KCl - H₂O
 - Kristallisationswege beim isothermen Eindampfen
- Das System NaCl - MgCl₂ - H₂O
- Verarbeitung von Carnallit (KCl•MgCl₂•6H₂O)
 - Kristallisation von Carnallit
 - Heißlöseprozess
 - Kaltlöseprozess
- Das System NaCl - Na₂SO₄ - H₂O
- Das System MgCl₂ - MgSO₄ - H₂O
- Das System K₂SO₄ - KCl - H₂O
- Das System Na₂SO₄ - K₂SO₄ - H₂O
- Das System Na₂SO₄ - MgSO₄ - H₂O
- Das System K₂SO₄ - MgSO₄ - H₂O
- Die quantitative Beschreibung von Löse- / Kristallisationsprozessen

5 Phasendiagramme von quaternären Wasser- Salz-Gemischen

5.1 Systeme mit einem gemeinsamen Ion

- Möglichkeiten der grafischen Darstellung
- Das System NaCl - KCl - MgCl₂ - H₂O
 - Solbergbau
- Das System Na₂SO₄ - K₂SO₄ - MgSO₄ - H₂O

5.2 Reziproke Salzpaare

- Möglichkeiten der grafischen Darstellung
- Das System 2 NaCl / K₂SO₄ - H₂O
- Das System 2 NaCl / MgSO₄ - H₂O
- Das System 2 KCl / MgSO₄ - H₂O

6 Das quinäre System der ozeanischen Salze

- Auftretende Salze
- Möglichkeiten der grafischen Darstellung
 - Jänecke Diagramm
 - Raumdiagramme
 - Rechtwinklige Koordinatensysteme
- Die Isothermen bei 25 °C, 50 °C, 75 °C, 90 °C
- Kristallisationswege bei der Sonneneindampfung von Meerwasser

Übungsaufgaben (Auswahl)

- Herstellung von Lösungen mit vorgegebener Konzentration durch Auflösung von Salzhydraten / Nutzung unterschiedlicher Konzentrationseinheiten
- Bilanzierung des Zersetzens von Salzhydraten
- Bilanzierung von Kristallisationsprozessen
- Isothermes Eindampfen von Lösungen
- Berechnung der erforderlichen Volumina an Wasser, die bis zum Erreichen einer bestimmten Lösungskonzentration abzudampfen sind (unter Auskristallisation eines Feststoffs)
- Bestimmung der Kristallisationsabfolge beim Eindampfen
- Kühlungskristallisation unter Abscheidung von Salzhydraten
- Lösen und Kristallisieren von Carnallit
- Verdrängungskristallisation durch Vermischen unterschiedlicher Salzlösungen.
- Bestimmung optimaler Zusammensetzungen bei reziproken Umsetzungen im System $2\text{NaCl}/\text{K}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ und $\text{K}_2\text{SO}_4/\text{MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$
- Kristallisationswege beim isothermen Eindampfen im quinären System der ozeanischen Salze
- Nutzung des Jänecke Diagramms zur Beschreibung von Kristallisationsprozessen im quinären System.