

Basiswissen

Kristallisation

Die Kristallisation ist ein Grundverfahren der thermischen Verfahrenstechnik, das hauptsächlich der Trennung, der Reinigung, aber auch der Formgebung von Stoffen dient. Kennzeichnend für die Kristallisation ist die Bildung einer neuen festen Phase (Kristall). Das Kristallat kann aus einer Lösung, einer Schmelze oder aus Dampf entstehen. In der industriellen Verfahrens- und Chemietechnik steht die technische Massenkristallisation aus flüssigen Phasen, besonders aus Lösungen, im Vordergrund. Dabei spielt die Produktion von kristallinen Massengütern wie Zucker, Kochsalz und Düngemitteln aus wässrigen Lösungen eine bedeutende Rolle.

Ein Lösungsmittel (z.B. Wasser) ist bei einer festen Temperatur in der Lage, eine bestimmte Menge eines Stoffes (Salz) zu lösen. Solange das Grenzaufnahmevermögen (Sättigungskonzentration) des Lösungsmittels an gelöstem Stoff nicht erreicht ist, liegt nur eine einzige, flüssige Phase vor. Wird die Sättigungskonzentration überschritten, beginnt der gelöste Stoff auszukristallisieren. Es entsteht eine zweite, feste Phase; das Kristallat.

Basiswissen

Membrantrennverfahren

Im Vergleich zur Filtration lassen sich mit Membrantrennverfahren deutlich kleinere Stoffe (z.B. Viren und gelöste Ionen) aus dem Wasser entfernen. Triebkräfte für die Trennung können z.B. Konzentrations- oder Druckdifferenzen zwischen den beiden Seiten der Membran sein. Bei der Wasserbehandlung kommen folgende Membrantrennverfahren zum Einsatz:

Mikrofiltration

Ultrafiltration

Nanofiltration

Umkehrosmose

Die Druckdifferenz, der sogenannte transmembrane Druck, steigt in der oben genannten Reihenfolge an. Gleichzeitig nimmt die Trenngrenze, also die Größe der kleinsten abtrennbaren Stoffe, ab. Das gereinigte Rohwasser wird als Permeat, der zurückgehaltene Teil des Rohwassers als Retentat bezeichnet.

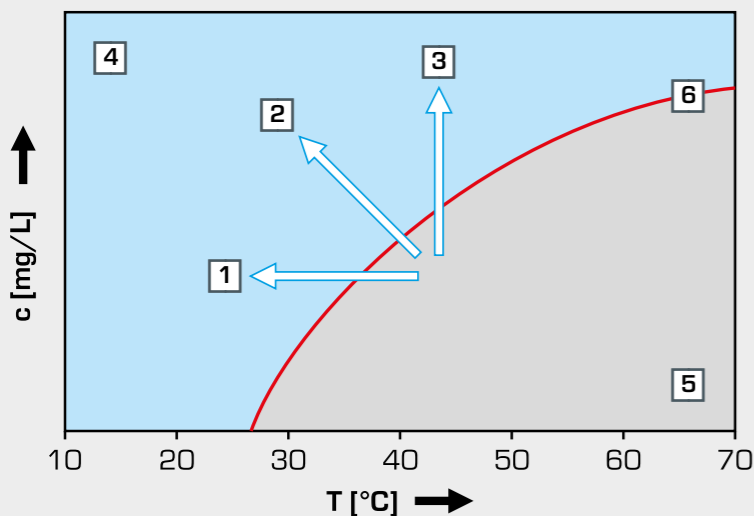
Die Umkehrosmose

Von besonderer Bedeutung ist die Umkehrosmose. Mit diesem Grundverfahren lässt sich sehr reines Wasser erzeugen. Dieses Wasser ist für viele Prozesse in der Industrie erforderlich. Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist die Meerwasserentsalzung.

Zum Verständnis der Umkehrosmose sei zunächst die Osmose an einem Beispiel erläutert (Abbildung). Zwei Salzlösungen mit unterschiedlichen Konzentrationen sind durch eine halbdurchlässige (semipermeable) Membran voneinander getrennt. Die Membran ist nur für die Wassermoleküle durchlässig. Das Bestreben, Konzentrationsunterschiede auszugleichen, führt dazu, dass Wasser von links nach rechts durch die Membran strömt. Der Wasserspiegel steigt auf der rechten Seite so lange an, bis sich ein Gleichgewichtszustand, das sogenannte osmoti-

sche Gleichgewicht, eingestellt hat. Auf beiden Seiten der Membran liegt nun die gleiche Salzkonzentration vor. Die so entstandene hydrostatische Druckdifferenz zwischen beiden Seiten der Membran wird als osmotischer Druck bezeichnet.

Um die Strömungsrichtung des Wassers umzukehren (Umkehrosmose), muss der osmotische Druck überwunden werden. Dazu wird auf der rechten Seite der Membran ein Druck aufgebracht, der größer als der osmotische Druck ist. Das Wasser strömt dann von rechts nach links durch die Membran. Auf der rechten Seite erhält man das Retentat, auf der linken Seite das Permeat. Bei den genannten Anwendungsbeispielen sind Drücke bis zu 100 bar erforderlich.



Vereinfachte Darstellung der Grundverfahren der Kristallisation im Temperatur-Löslichkeits-Diagramm:

- T Temperatur
c gelöste Stoffmenge
1 Kühlungskristallisation
2 Vakuumbildung
3 Verdampfungskristallisation
4 übersättigte Lösung
5 untersättigte Lösung
6 Löslichkeitskurve

Das Auskristallisieren kann mit drei Grundverfahren erreicht werden:

■ Kühlungskristallisation

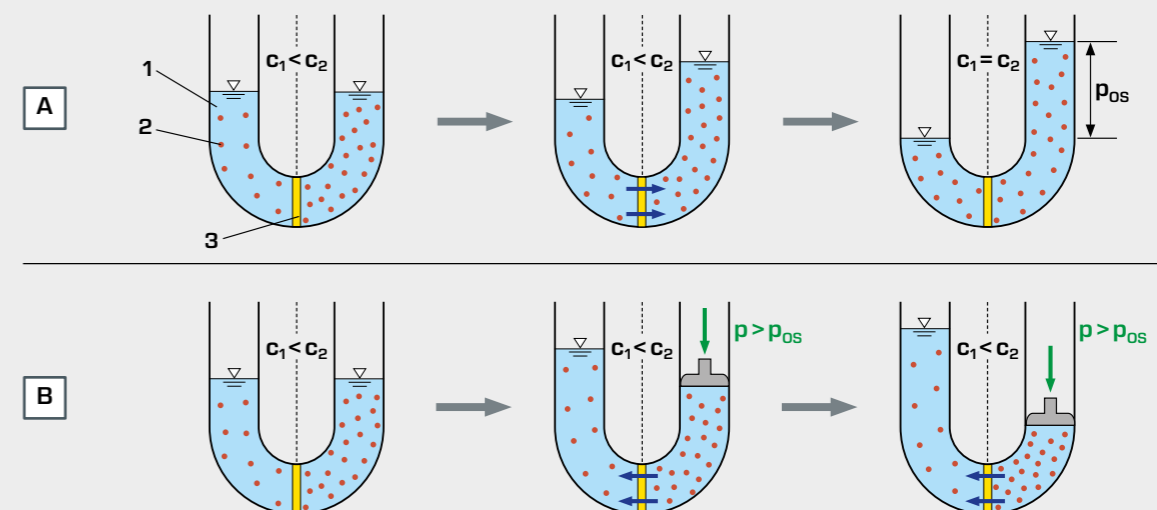
Wenn die Löslichkeit stark temperaturabhängig ist, kann die Sättigungskonzentration durch Abkühlen überschritten werden.

■ Verdampfungskristallisation

Es wird ein Teil des Lösungsmittels verdampft, bis die gelöste Stoffmenge in der Restlösung zur Überschreitung der Sättigungskonzentration führt. Dieses Grundverfahren wird verwendet, wenn die Löslichkeit nur geringfügig von der Temperatur abhängt.

■ Vakuumbildung

Bei diesem Grundverfahren nutzt man eine Kombination der oben genannten Effekte. Durch Entspannung im Vakuum verdampft ein Teil der Lösung. Der Entzug der hierfür nötigen Verdampfungswärme kühlt die Lösung zusätzlich ab. Dieses Grundverfahren ist vor allem für temperaturempfindliche Stoffe vorteilhaft, da die Verdampfung im Vakuum bei niedrigen Temperaturen stattfindet.



Grundprinzip der Osmose (A) und Umkehrosmose (B):

1 Wasser, 2 Salzionen, 3 semipermeable Membran, p Druck, p_{os} osmotischer Druck, c_1 Salzkonzentration auf der linken Seite der Membran, c_2 Salzkonzentration auf der rechten Seite der Membran