

SWAN AMI Delta pH

Applikation: Calcitsättigung in der Trinkwasseraufbereitung



Den größten Anteil am **Vermögen** eines Wasserversorgers stellt das **Rohrleitungsnetz** dar.



Hygienische Beschaffenheit



Aufbereitung / Desinfektion

Funktionsfähigkeit Rohrnetz



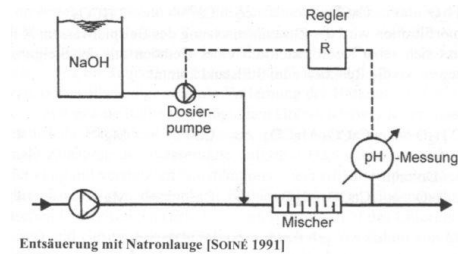
Kalk – Kohlensäure - Gleichgewicht



3

Trinkwasser soll gemäß den Bestimmungen der Trinkwasserverordnung nicht calcitlösend sein, da sonst Werkstoffe, die kalkhaltig sind (z. B. Beton), angegriffen werden können und auch die Schutzschichtbildung auf metallischen Oberflächen verhindert wird.

Deshalb besteht die Notwendigkeit, durch **Entsäuerung** überschüssige Kohlensäure aus calcitlösendem Trinkwasser zu entfernen.



swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

4

Die Entsäuerung ist die Verminderung der Konzentration des im Wasser gelösten Kohlenstoffdioxids durch **Ausgasen** oder **Reaktion** mit basischen Stoffen.

Dies ist mit einem Anstieg des pH-Wertes im Wasser verbunden.

Allgemeine Ziele der Entsäuerung sind:

- Die Begünstigung nachgeschalteter Aufbereitungsprozesse und/oder
- Die Verbesserung der korrosionschemischen Eigenschaften des Wassers gegenüber metallischen und zementgebundenen Werkstoffen

swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

5

Calcitsättigung

Zustand des Wassers, bei dem im Kontakt mit Calcit weder Auflösung noch Abscheidung von Calcit stattfindet ($D_c = 0$).

Die Calcitsättigung wird auch als **Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht** bezeichnet.

Sättigungs-pH-Wert

pH-Wert der Calciumcarbonatsättigung, pH-Wert der Calcitsättigung

Unterschreitet ein Wasser den pH-Wert der Calcitsättigung, wirkt es calcitlösend.

Die Überschreitung führt dagegen zur Übersättigung (calcitabscheidend).

swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

6

Eine technische Grenze für eine pH-Wert-Anhebung stellt der pH-Wert dar, bei dem ein Wasser in den Bereich der Calcitabscheidung gelangt.



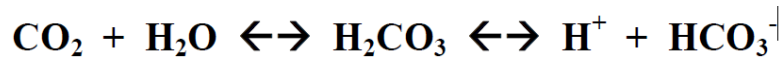
swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

7

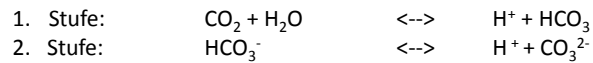
Löst sich CO_2 in Wasser, reagiert es mit Wassermolekülen (H_2O)
Es entsteht Kohlensäure H_2CO_3^*

Die Kohlensäure dissoziiert:

- in Hydroniumionen H_3O^+ ($=\text{H}^+$)
- in Hydrogencarbonationen HCO_3^- (Bicarbonat)
- in Carbonationen CO_3^{2-}



Die Bildung und Dissoziation der Kohlensäure läuft in 2 Stufen ab und ist stark vom pH-Wert abhängig:



swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

8

- eine pH – Erniedrigung (H^+ - Erhöhung) führt zu mehr CO_2 im Wasser
- eine pH – Erhöhung (H^+ - weniger) führt zu mehr H_2CO_3^* und CO_3^{2-} im Wasser

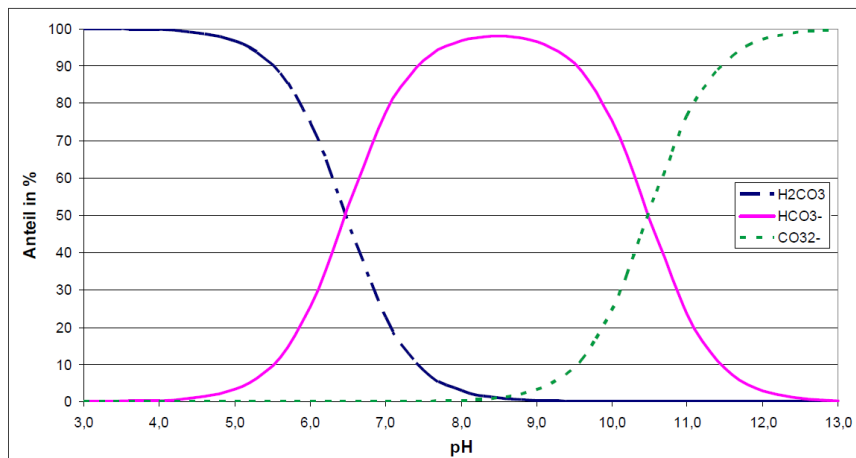


Abbildung 03 : pH-Wert abhängige Verteilung der verschiedenen Dissoziationsformen der Kohlensäure in Wasser bei $T = 10\text{ °C}$

Kalk löst sich in chemisch reinem Wasser so gut wie gar nicht.

Wird das Wasser jedoch angesäuert, dissoziiert die Verbindung in Ca^{2+} -Ionen und Carbonationen, von denen je nach pH-Wert einige zu Kohlensäureionen werden.

Je niedriger der pH-Wert, desto mehr Carbonationen werden zu Kohlensäure, was zu einer Kohlensäure-Übersättigung und damit Ausperlen von CO_2 -Gas führen kann.

Calcium hingegen hebt den pH-Wert und sorgt dadurch mit steigender Konzentration zu einem Ausgleich.

Wird nun die Kohlensäure aus dem Wasser entfernt (Erhitzen, biologische Prozesse) fällt Kalk als Feststoff aus und lagert sich ab.

Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht ist definiert als das chemische Gleichgewicht zwischen den Ionen der Kohlensäure – dem Kohlendioxid und dem Calciumcarbonat.



Das Kalk-Kohlensäuregleichgewicht ist entscheidend dafür verantwortlich, wie gut das Wasser vor allem gegenüber Säureeinträgen gepuffert ist, d. h., wie gut H^+ und OH^- Ionen aufgenommen werden können, ohne dass sich der pH-Wert wesentlich ändert.

Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht ist erreicht, wenn:

Menge der freien Kohlensäure = Menge der zugehörigen (gebundenen) Kohlensäure

Bei zu geringem Gehalt an freier Kohlensäure kann es zu Kalkausfällung kommen.

Ist mehr freie als zugehörige Kohlensäure vorhanden, dann ist Wasser kalkaggressiv und strebt durch Lösung von Kalk wieder den Gleichgewichtszustand an.

Korrosion durch Calcit lösendes Wasser

Wasser im **Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht**
→ keine Probleme

Zuwachsen durch Calcit abscheidendes Wasser

13

Mischwasser = Rohwasser verschiedener Dargebote (DVGW W216)

Dargebote = Unterschiedliche Quellen – Unterschiedliches Grundwasser



swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

14

Zwei Wässer A und B, die im Zustand der Calcitsättigung befinden, sich aber hinsichtlich ihres Hydrogencarbonatgehaltes deutlich unterscheiden, ergeben im Fall einer Mischung Wässer, die sich **nicht** mehr in der Calcitsättigung befinden.

Diese Mischwässer enthalten überschüssiges CO₂.

Bilden sich solche Wässer z.B. in einem Verteilungssystem, müssen sie daraufhin überprüft werden, ob sie hinsichtlich ihrer **Calcitlösekapazität** noch innerhalb des vorgegebenen Toleranzbereiches liegen oder ob die unkontrollierte Mischwasserbildung vermieden werden muss.

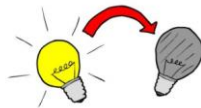
swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

15

Als Führungsgröße dient die Messung des Delta-pH-Werts. (DIN 38404-10: 1995-04).

Der Delta pH-Wert beschreibt die Abweichung des aktuellen pH-Wertes vom pH-Wert der Calcitsättigung.

Diese Methode bietet die Möglichkeit, unabhängig von der schwankenden Mischwasserzusammensetzung und den Wassermengen so zu regeln, dass jederzeit ein **ökonomisches Betreiben** der Anlage gewährleistet ist.



swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

16

Einfach gesagt:

Es wird überprüft ob das Wasser „sauer“ durch CO₂ ist oder ob gelöster Kalk die Überhand hat.

Somit ob es **korrosiv** oder **Kalk abscheidend** wirkt (Ablagerungen in den Rohren).



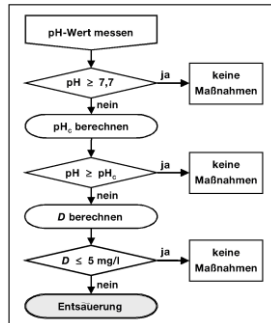
swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

17

Die Forderung der neuen Trinkwasserverordnung zur Entsäuerung ergeben sich aus Anlage 3, Nr. 18 Wasserstoffkonzentration (pH-Wert).

Das Wasser sollte nicht korrosiv wirken und die berechnete Calcitlösekapazität darf am Ausgang des Wasserwerks 5 g/m^3 nicht überschreiten.

Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn der pH-Wert am Wasserwerksausgang $\geq 7,7$ ist.



swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

18

Der Delta pH-Wert beschreibt die Abweichung des aktuellen pH-Werts vom pH-Wert der Calcitsättigung.

Der Messwasserstrom wird über eine Kalksteinschüttung (Marmor Kies) geleitet.

Die Verweilzeit in der Kalksteinschüttung ist so bemessen, dass in diesem Teilstrom der pH-Wert der Calcitsättigung sicher erreicht wird.



swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

