

# Grundlagen der Mediagon-Technologie



7051<4<K+CH\*de 2009.07

***Schützen Sie die Wasserinstallationen...  
...bevor es zu spät ist!***



Kalkablagerungen behindern die Energieübertragung. Die Heizdauer wird dadurch entsprechend verlängert. Eine Kalkkruste von 3 mm Dicke führt bereits zur Zunahme der Energiekosten von 15%.



## Das Kalkproblem

Im Wasser bestimmen die Anteile von Kohlen-säure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) und Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) die Tendenz, Kalk zu lösen oder Kalkablagerungen zu bilden. Steigende Wassertemperaturen erhöhen die Kalkausscheidung, weil warmes Wasser die Ausgasung von  $\text{CO}_2$  fördert, was zum Kohlen-säure-Verlust führt.

Die Bildung einer harten Kruste von  $\text{CaCO}_3$  erfolgt auf bestehenden Oberflächen, welche eine Expansion der abgelagerten Kalk-Schicht begünstigen (heterogenes Wachstum).

Stehen keine festen Oberflächen für die Kalkausscheidung zur Verfügung, bleibt das  $\text{CaCO}_3$  bis zu einem Sättigungsüberschuss von ca. 10 % in Lösung.

Wenn sich feste Kalkschichten auf den Heizelementen ablagern, sind Probleme unvermeidlich. Die harten Verkrustungen auf den Heizstäben haben eine isolierende Wirkung und verhindern auf diese Weise eine optimale Wärmeübertragung, was zwangsläufig zur Überhitzung und zum Defekte der Heizschlangen führt. Der Energieverbrauch kann durch die isolierende Wirkung der Kalkschicht um 30 % ansteigen.

Kalkablagerungen an der Innenseite der Wasserleitungen reduzieren den Durchfluss des Wassers. Dies ist besonders ärgerlich bei Kühlanlagen, da der reduzierte Wasserdurchfluss die absorbierbare Wärmemenge verringert, was zu einer unnötigen Überhitzung und damit zu teuren Defekten führen kann.

# Die physikalische Lösung

Die Mediagon-Technologie hat ihre Effektivität in der Praxis seit über 20 Jahren tausendfach bewiesen. Die Wirkungsweise basiert auf der Wirkung von elektromagnetischen Feldern, welche in einem komplexen Mechanismus ausgehend von mikroskopisch kleinen physikalischen Phänomenen bei der Keimbildung zu einer mikroskopisch sichtbaren Wirkung führen. (Ähnliche Phänomene kennt man aus der Kristallzucht.) Auch wenn nicht alle Details der Wirkungsweise erklärt werden können, so sind die grundlegenden physikalisch-chemischen Phänomene bekannt und werden im nachfolgenden beschrieben. Alle elektrischen Ladungen, die sich in einem elektrischen Feld bewegen, sind der sogenannten Lorentzkraft unterworfen.

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$$

Diese Kraft ( $\vec{F}$ ) wirkt auf die Ladung ( $q$ ) in einer Richtung, die sowohl senkrecht zur magnetischen Flussdichte, ( $\vec{B}$ ) als auch senkrecht zur Bewegungsrichtung ( $\vec{v}$ ) der Ladung steht.

Daraus resultiert eine Abweichung der Bahn des geladenen Teilchens. Je nachdem, ob die Ladung positiv oder negativ ist, wirkt die Kraft in entgegengesetzter Richtung. Wenn also ein geladenes Teilchen mit der Geschwindigkeit « $v$ » von Osten nach Westen fliegt und dabei ein Feld durchquert, welches senkrecht nach unten zeigt, dann erfährt es eine nach Süden gerichtete Kraft, falls die Ladung positiv ist bzw. eine nach Norden gerichtete Kraft, wenn die Ladung negativ ist. Die Kraft  $F$  ist dabei proportional zur Ladungsgrösse, zur Geschwindigkeit und zur Feldstärke.

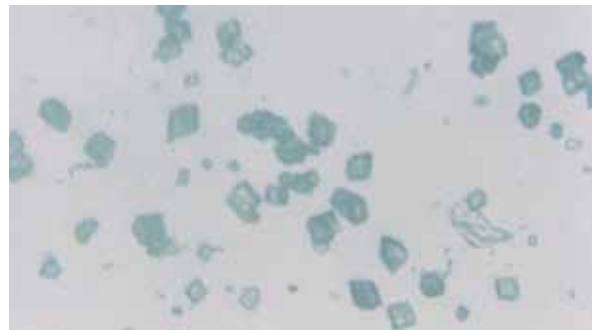
Die im Wasser gelösten Ionen sind der Lorentzkraft ausgesetzt, wobei die positiv geladenen Kationen und die negativ geladenen Anionen in genau entgegengesetzter Richtung beschleunigt werden.

Die Wirkungsweise der Mediagon-Technologie besteht nicht im vollständigen Separieren der  $\text{Ca}^{2+}$ -Kationen von den  $\text{CO}_3^{2-}$ -Anionen, sondern darin, sie mit Hilfe der elektromagnetischen Felder lokal zu konzentrieren, so dass sie spontan  $\text{CaCO}_3$  in homogener Lösung bil-

den, ohne dass dazu ein externer Keim wie beispielsweise eine feste Rohrwand-Oberfläche notwendig ist. Diese lokalen Aggregate schweben fein verteilt im Wasser und stehen in Konkurrenz zu festen Oberflächen. Dank der grossen Aggregats-Oberfläche und der damit verbundenen sehr kleinen Diffusionslängen, wird das Bilden homogener Kalkablagerungen wasserführender Installationen vermindert.



Mediagon-Geräte werden zur Verminderung neuer harter Kalkablagerungen und zur Erhöhung der Betriebssicherheit eingesetzt.



Kristallformation von unbehandeltem Wasser auf einem mit Flusssäure gereinigtem Glas. Vergrösserung 1000-fach. Solche Kristalle sind die Ursache harter Ablagerungen.



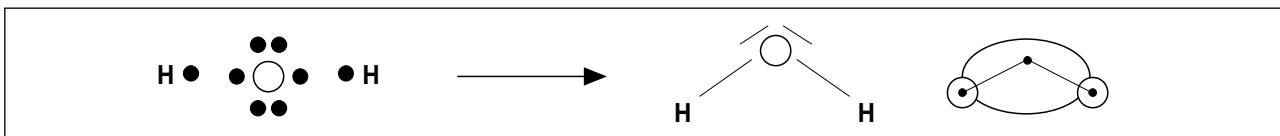
Kristallformation von physikalisch behandeltem Wasser auf einem mit Flusssäure gereinigtem Glas. Vergrösserung 1000-fach. Diese Kristalle werden mit dem Wasserfluss mitgeschwemmt oder bilden weiche, wasserdurchlässige Ablagerungen, die leicht entfernt werden können.

# Elementarste Grundlagen der Wasserchemie

## 1. Wasser

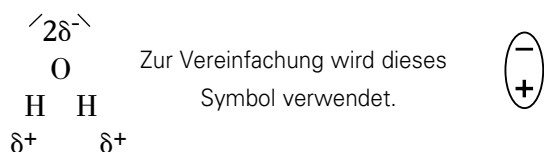
Das Wasser ist ein molekulares Gemisch aus den chemischen Elementen Wasserstoff und Sauerstoff. Die Formel des Wassermoleküls ist  $H_2O$ . Jedes Wassermolekül wird aus einem Sauerstoff- und zwei Wasserstoffatomen gebildet, welche miteinander verbunden sind.

Die abgewinkelte Form des Wassermoleküls ergibt sich aus der elektrostatischen Abstoßung von Elektronenpaaren, welche um die Atomkerne herum angeordnet sind.

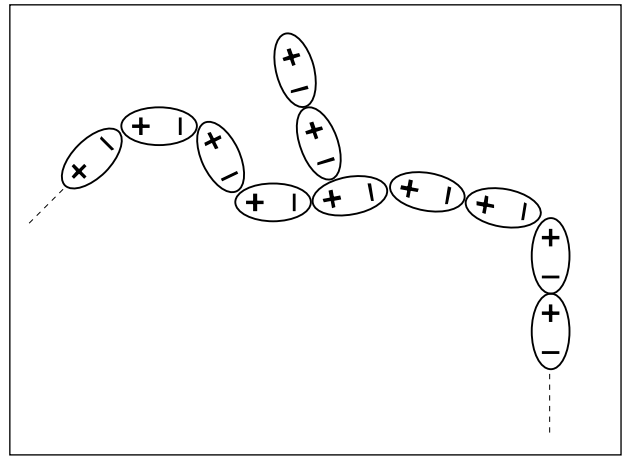


### Erläuterungen:

1. Elektronen sind elektrisch negativ geladene Elementarteilchen mit vernachlässigbar kleiner Masse.
2. Die Elektronen kreisen mit sehr hoher Geschwindigkeit um den Atomkern, welcher seinerseits aus Elementarteilchen besteht, nämlich den elektrisch positiv geladenen Protonen und den elektrisch neutralen Neutronen. Protonen und Neutronen tragen je eine Masse von ungefähr 1 u (atomare Masseinheit), was ungefähr  $1,66 \cdot 10^{-24}$  g entspricht. Die gesamte Masse des Atoms konzentriert sich demnach im Kern, welcher jedoch nur einen verschwindend kleinen Teil des Atomvolumens ausmacht.
3. Damit ein Atom elektrisch neutral ist, muss es gleich viele Elektronen wie Protonen aufweisen.
4. Die Atome verbinden sich untereinander (wie die beiden H mit dem O im  $H_2O$ ) ausschliesslich mit Hilfe der äussersten Elektronen (Valenzelektronen).
5. In allen chemischen Stoffen kommen die Elektronen paarweise vor.
6. Um stabil zu sein, versuchen die Atome immer, sich ganz aussen mit einem Oktett, also mit acht Elektronen zu umgeben. Das ist der Grund, warum sich Atome zu Molekülen verbinden. (Die einzige Ausnahme bilden Wasserstoff und Helium mit nur zwei Elektronen, dies aufgrund ihres kleinen Kerns.)
7. Diese Oktett-Struktur kommt bei den Edelgasen (Helium, Neon, etc.) vor, ohne dass sich diese mit anderen Atomen verbinden müssen. Deshalb sind diese Edelgase stabil.
8. Weil der Kern des Sauerstoff-Atoms acht Protonen aufweist, das Wasserstoffatom aber nur ein Proton besitzt, werden die Elektronenpaare, welche das O und das H im Wasser miteinander verbinden, stärker durch das Sauerstoffatom angezogen. Dadurch resultiert eine leichte Polarisation der Verbindung. So erscheinen 2 Partialladungen (-) auf dem O und eine Partialladung (+) auf jedem H.



9. Deshalb trägt das Wassermolekül eine Polarisierung, d.h. es ist ein permanenter Dipol. Die Wassermoleküle können sich untereinander dank elektrostatischer Anziehung verbinden. Dank dieser Polarisierung haben die Wassermoleküle eine grosse Anziehung untereinander (in flüssiger oder fester Form) und einen vergleichsweise sehr hohen Siedepunkt für ein so kleines Molekül. Die elektrostatischen Verbindungen zwischen den Molekülen nennt man „Wasserstoffbrücken“.

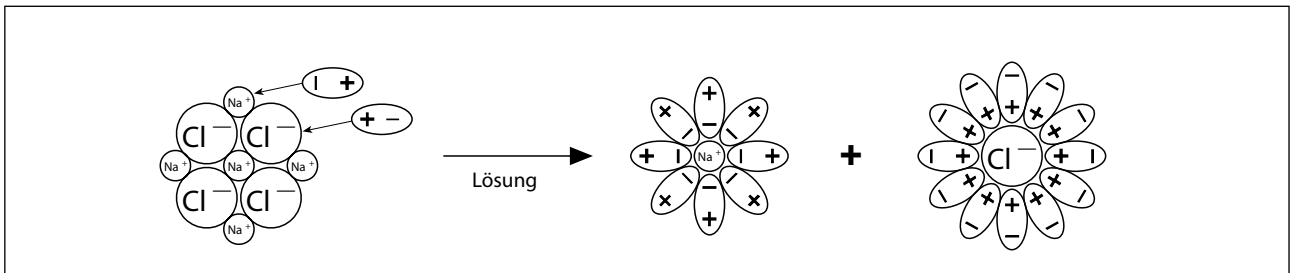


10. Die Polarisierung der Wassermoleküle erlaubt es ihnen, sich mittels elektrostatischer Kräfte mit anderen geladenen Teilchen zu verbinden, vor allem mit Ionen. Die elektrostatische Bindung von Ionen an ein Wassermolekül nennt man „Ionen-Dipol-Verbindung“. Eine feste Ionenverbindung

(s) löst sich im Wasser, d.h. sie wird in ihre Bestandteile, die Kationen und Anionen, zerlegt. Die Anionen und Kationen verbinden sich mit Wasser (sie hydratisieren (aq)), d.h. sie sind von nun an mit Wassermolekülen umgeben.



Wenn sich beispielsweise Kochsalz auflöst, dann passiert folgendes:



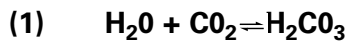
Die Wassermoleküle umschliessen das Kation (positiv geladenes Ion) sowie das Anion (negativ geladenes Ion) und machen das Kochsalz für das nackte Auge unsichtbar. Einzelne Ionen sind nie sichtbar.

## 2. Der Kalk und sein Gleichgewicht im Wasser

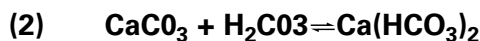
Kalk ist das Karbonat des Calciums ( $\text{CaCO}_3$ ). Das ist eine Ionenverbindung (ein Salz im vorliegenden Fall, wie das Kochsalz  $\text{NaCl}$ ) bestehend aus  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen und  $\text{CO}_3^{2-}$  (Karbonat-Ionen). Kalk ist nur sehr schwer in destilliertem Wasser löslich. (Ca. 15 mg pro Liter destilliertem Wasser bei  $25^\circ\text{C}$ ). Deshalb kann man sich zu Recht fragen, wie überhaupt Wasser manchmal so stark kalkhaltig sein kann!

### 3. Kalkausscheidungen

Regenwasser enthält immer eine geringe Menge von gelöstem  $\text{CO}_2$ , welches durch Reaktion mit Wasser Kohlensäure bildet ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ):



In rieselndem Wasser reagiert diese Kohlensäure mit dem im Felsen oder Boden enthaltenen Kalk und verwandelt das Kalkgestein in Calcium-Hydrogenkarbonat ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ):



Das Calcium-Hydrogen-Karbonat ist im Gegensatz zu Calcium-Karbonat im Wasser löslich. Und in dieser löslichen Form kommt der Kalk in der Kanalisation vor.

Die obigen Gleichungen sind stark vereinfacht, sie schematisieren mehrere eng miteinander verknüpfte Reaktionen. Die doppelten Pfeile zeigen, dass es sich um reversible Transformationen handelt.

Wenn das Wasser erhitzt wird, dann nimmt die Löslichkeit des  $\text{CO}_2$  ab (die Löslichkeit von Gas im Wasser ist umgekehrt proportional zur Wassertemperatur). Deshalb wird die Reaktion von rechts nach links in Gleichung (2) bevorzugt stattfinden und es bildet sich störende  $\text{CaCO}_3$  - Ablagerungen.

Die Bildung von Stalaktiten, Stalagmiten und allen anderen typischen Kalkformen verlaufen nach demselben Schema.

Damit sich der Kalk in harten Schichten ablagern kann, braucht es Kristallisationskeime. So kann dann eine kristalline Schicht durch Deponierung von  $\text{Ca}_2+$  und  $\text{CO}_3^{2-}$  wachsen. Diese Keime können aus bereits vorhandenen

kleinen Karbonatkristallen bestehen oder aus anderen festen Teilchen.

Die Bildung von Kristallisationskeimen findet nur bei einer Übersättigung von 10% bis 20% statt, was unter normalen Bedingungen bedeutet, dass sich Kalkablagerungen zuerst auf der Oberfläche eines Behälters oder eines Rohres bilden. Untersuchungen haben einen linearen Zusammenhang zwischen der Wachstumsgeschwindigkeit der Kalkablagerungen und der Konzentration der Keime aufgezeigt.

Indem man dem Wasser lösliche phosphathaltige Salze hinzufügt, kann man die Aktivität der Kristallisationskeime vermindern und so die Kalkablagerungen reduzieren. Die Phosphationen ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) haben die Eigenschaft, die ( $\text{Ca}_2+$ )-Ionen einzufangen, bevor sie mit den ( $\text{CO}_3^{2-}$ )-Ionen reagieren. Allerdings liefern die Phosphate einen wichtigen Wirkstoff für die Sekundär-Verschmutzung von Gewässern (insbesondere Seen), wo sie das Phänomen der Eutrophierung auslösen, welches sehr langzeitschädlich ist. Deshalb sind unterdessen Phosphate in Waschmitteln verboten.