

Zur Minderung bzw. Verhinderung von lästigen Kalkbelägen in Haushalt und Gewerbe bietet die Industrie verschiedene Methoden an. Die Verfahrensweisen gehen vom klassischen Ionenaustauscher über Dosieranlagen, physikalischen und elektrolytischen Wasserbehandlungsgeräten bis hin zur sogenannten Wasserenergetisierung. Im diesem Beitrag werden die einzelnen Verfahrensweisen dargestellt, wobei der Schwerpunkt auf modernen, DVGW-zertifizierten Geräten mit elektrolytischer Arbeitsweise liegt.

Vor 130 Jahren wurde bereits das erste Patent für ein physikalisches Wasserbehandlungsgerät mit Magnettechnik erteilt. Weitere physikalische Verfahren folgten, bei welchen immer entweder eine elektrische Spannung induziert oder direkt ins Wasser eingebracht wurde. Diverse Testverfahren attestierten den meisten Geräten eine prinzipielle Funktion, die in der Praxis mehr oder weniger deutlich hervortrat. Ein einheitliches Prüfverfahren gab es erst mit dem DVGW-Arbeitsblatt W 512 ab 1996. Dieses robuste Boilerprüfverfahren attestierten den bis dahin auf dem Markt befindlichen physikalischen Geräten – im Sinne des Arbeitsblattes – keine ausreichende Wirksamkeit bezüglich einer Verminderung von Steinbildung. Nur Neukonstruktionen schafften diese Hürde mit elektrolytischen

Wasserbehandlungsverfahren im Überblick

Chemisch, physikalisch, elektrolytisch oder energetisierend

Gerade auf dem Gebiet der Wasserbehandlung ist im wahrsten Sinne des Wortes alles im Fluß. Deshalb haben wir an dieser Stelle den aktuellen Sachstand zusammengefaßt.

Verfahren, abgesehen von der Biomineralisation für die das Prüfverfahren modifiziert angewendet werden mußte. Bei Ionenaustauschern und Dosieranlagen wird das Prüfverfahren nicht eingesetzt, weil bei Dosieranlagen lediglich die Dosiergenauigkeit nachgewiesen werden muß und die Wirksamkeit von Ionentauschern unumstritten und bereits nachgewiesen ist.

Mechanismus der Kalksteinbildung

Beim Erwärmen von kalkhaltigem Wasser nimmt mit steigender Temperatur die Konzentration an Kohlensäure ab. Das Kalk-

Kohlensäuregleichgewicht verschiebt sich dadurch von der Seite des „löslichen Kalks“ (Kalziumhydrogenkarbonat, $L = 850 \text{ mg/L}$) auf die Seite des „schwerlöslichen Kalks“ (Kalziumkarbonat $L = 14 \text{ mg/L}$). Auch wenn wesentlich mehr als 14 mg/L Kalziumcarbonat gelöst sind, kommt es nicht sofort zu einer Ausscheidung von Kalk, da der Prozeß der homogene Kristallkeimbildung ohne physikalische Behandlung stark gehemmt verläuft. Befinden sich allerdings energetisch günstige Fremdoberflächen in der Nähe, so wirken diese als Keimbildungszentren und der Kalk scheidet sich bevorzugt dort ab. In der Regel sind dies die Oberflächen von Heizelementen sowie

Die sechs Hauptgruppen der Wasserbehandlung

Ionenaustausch	Dosiertechnik	Elektrolyse	Biomineralisation	Magnetisierung	Energetisierung
Wasserenthärtung über den Austausch der Härtebildner Kalzium und Magnesium durch Natrium mit Hilfe von Kunstharzen	Chemische Härtestabilisierung durch Zugabe von Polyphosphaten, die das Keimwachstum des Kalkes blockieren	„Physikalische“ Härtestabilisierung durch elektrolytische Erzeugung von Kristallisationskeimen aus im Wasser gelöstem Kalk an großen Elektrodenoberflächen	„Physikalische“ Härtestabilisierung durch heterogene Kristallkeimbildung auf sehr großer modifizierter Kunstharzoberfläche und anschließendem Abrieb	„Physikalische“ Härtestabilisierung durch begünstigen der homogenen Kristallkeimbildung über die Einwirkung von Magnetfeldern auf fließendes Wasser	„Physikalische“ Härtestabilisierung durch Übertragung von subtilen Energien aus einem Informationsspeicher auf das Wasser
Wasserzusammensetzung wird verändert	Wasserzusammensetzung wird verändert	Wasserzusammensetzung bleibt unverändert	Wasserzusammensetzung bleibt unverändert	Wasserzusammensetzung bleibt unverändert	Wasserzusammensetzung bleibt unverändert
Verbrauch von Regeneriersalz und Dosiermittel	Verbrauch von Dosiermittel	Austausch Elektrolysezelle* nach 400 bis 600 m ³	Austausch des „Katalysatormaterials“ nach 2 bis 3 Jahren	Keine Folgekosten	Keine Folgekosten

* Beim Biostat 2000 ist kein Austausch der Elektrolysezelle vorgesehen



Die klassische Wasserbehandlung mit Ionenaustauschern und Dosiergeräten wurde ständig weiterentwickelt und hat auch heute noch zahlreiche Einsatzbereiche

Rohr- und Boilerwände. Je nach Werkstoff und Oberflächenstruktur kann die Keimbildungsphase unterschiedlich stark verzögert werden. Die glatte, organische Oberfläche von Kunststoffrohren zum Beispiel behindert die Keimbildung wesentlich stärker, als die rauhe anorganische Metalloberfläche eines Stahlrohres. Längerfristig ist dies nicht unbedingt vorteilhaft, da sich das Kunststoffrohr ebenfalls belegt, die Kalkschicht aber aus oben genannten Gründen schlecht haftet, halbschalenförmig abspringt und zu infarktartigen Verstopfungen führen kann.

Ionenaustauschverfahren

Bei der Wasserenthärtung mit Ionenaustauschern, die nach DIN 1988 erst im Härtebereich 4 gerechtfertigt erscheint, werden die Kalzium- und Magnesiumionen des Trinkwassers durch Natrium ersetzt. Dieser Austauschvorgang geschieht an großen Kunstharzoberflächen im Kaltwasser. Ist das Harz vollständig mit den Härtebildnern beladen, muß es mit Salz (Natriumchlorid) regeneriert werden. Das Weichwasser wird dann mit unbehandeltem Wasser auf eine Härte von 8,4 °d verschnitten. Aus Korrosionsschutzgründen, werden – vor allem

Seit einigen Jahren sind auch Geräte zum „Energetisieren oder Beleben“ von Trinkwasser, die mit der Übertragung von feinstofflichen Schwingungen, auf das Wasser arbeiten, auf dem Markt

beim verzinkten Rohr – Deckschichtbildner zudosiert. Diese klassische Enthärtung liefert wirklich weiches Wasser, vermindert Ablagerungen und reduziert den Verbrauch von Waschmitteln. Erkauft wird dies mit laufenden Kosten für Regeneriersalz, Dosiermittel und Wasserverlusten.

Chemische Härtestabilisierung

Die so genannte Mineralstoffdosierung besteht meist aus einer Kombination von Poly- und Orthophosphaten, kann also gleichzeitig auch einen gewissen Korrosionsschutz bieten. Polyphosphate arbeiten nach dem Threshold-Effekt, das heißt mit kleinen Phosphatmengen lassen sich wesentlich größere Mengen an Härtebildnern stabilisieren. Es findet keine chemische Reaktion statt, sondern das Polyphosphat umhüllt das Kalziumkarbonat und blockiert das Keimwachstum. Die Härte fällt dadurch verzögert in Form von lockeren Niederschlägen aus. Bei Temperaturen oberhalb von 60 °C läßt die Wirksamkeit durch die zunehmende Hydrolysegeschwindigkeit des Polyphosphats deutlich nach.

„Energetische“ Wasserbehandlung

Geräte zum Energetisieren oder Beleben von Trinkwasser arbeiten mit der Übertragung von „feinstofflichen Schwingungen“, auf das Wasser. Diese subtilen Energien können nicht direkt gemessen werden, nur im Experiment (z. B. Spagyrik, Geschmacksprobe) können ihre Auswirkungen als Phänomene wahrgenommen werden. Man



Die neue W 510

Im DVGW-Arbeitsblatt W 510, daß demnächst verabschiedet werden soll, sind die Anforderungen und Prüfungen zur Erlangung eines DVGW-Zeichens für Wasserbehandlungsgeräte festgeschrieben. Dies reicht von der Druck- und Temperaturbeständigkeit über Hygiene (KTW), Wasserqualität und Wartungsfreundlichkeit bis zum Nachweis der Wirksamkeit. Die Wirksamkeitsprüfung zum Beispiel, erfolgt apparativ entsprechend W 512, allerdings mit einem wesentlich erhöhten Wasserdurchsatz von 20 m³/21Tagen, bei täglich 132 Intervallen wobei der Durchfluß zwischen 1 und 20 l/min variiert.

geht davon aus, daß Wasser ein Informationsträger ist und damit Frequenzmuster in den Wasserclustern speicherbar sind, wie das auch bei der Homöopathie angenommen wird.

Diese subtilen Energien stammen entweder aus einem Informationsspeicher, der aus kristallinem oder wasserhaltigem Material (Quarzsand, Kalk, Wasser) besteht oder kommen durch Wirbel- und Magnetisierungseffekte zustande. Energetisiertes Wasser soll frischer schmecken, haltbarer sein, den Aufbau von Kalkablagerungen behindern und teilweise auch vor Korrosion schützen. Gibt es bei den magnetischen Geräten noch berechenbare Energiebeträge, so scheint von den „esoterischen“ Geräten nichts derzeit technisch meßbares auszugehen.

Klassisch physikalische Wasserbehandlung

Klassisch physikalische Wasserbehandlungsgeräte wirken – je nach Verfahren – dauermagnetisch, elektromagnetisch, elektrodynamisch (Spannungsimpulse), oder galvanisch auf die Wasserstruktur und das Kalk-Kohlensäuregleichgewicht ein. Die homogene Kristallkeimbildung im Wasser wird dadurch verzögert oder auch beschleunigt.

Wirksamster Effekt ist die, durch die Behandlung begünstigte Bildung von amorphem, wenig haftendem Kalk, der unter Rohrströmungsbedingungen nicht aufwächst. Warmwasserrohre bleiben frei und bei Wassererwärmern vergrößern sich die Wartungsintervalle deutlich, wenn genügend Kristallisationszentren pro Volu-

Sanitär

mentelement gebildet werden. Wenig effizient ist diese Gerätegeneration, wenn Wasser bei hohen Heizflächenbelastungen erwärmt wird (Wasserkocher, Elektroboiler, W 512) oder beim Einsatz vor Plattenwärmetauschern wegen den dort herrschenden Strömungsverhältnissen.

Daneben treten zum Teil noch weitere, technisch verwertbare Effekte (z. B. verminderte Oberflächenspannung) auf, die auf temporäre Wasserstrukturveränderungen und somit auch veränderten Ausgasungsverhalten von Sauerstoff und Kohlensäure beruhen. Weiterhin werden auch bereits bestehende Ablagerungen in vielen Fällen wieder abgebaut. Im Falle von niedrig legierten Stählen wird eine begünstigte Bildung von Korrosionsschutzschichten beobachtet, sofern die Wasserparameter (pH-Wert, Neutralsalzgehalt, Härte) dies auf dem Werkstoff generell erlauben. Das breiteste Spektrum am Markt bieten, magnetische Wasserbehandlungsgeräte, die in den Dimensionen DN 15 bis DN 600 zur Verfügung stehen, und Volumenströme bis 2400 m³/h bewältigen können. Noch größere Mengen sollen von hochwertigen Wicklern behandelt werden können, hier liegt die Grenze angeblich bei DN 1500.



Die Wechselwirkungen von Magneten mit Wasser sind noch immer Gegenstand heftiger Diskussionen

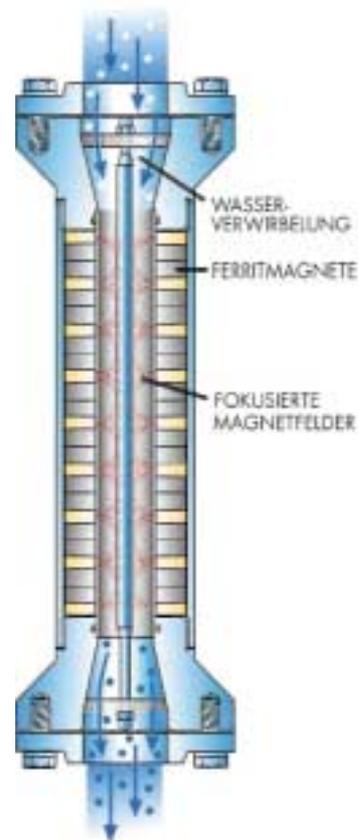
Elektrolytische mit DVGW-Prüfzeichen

Kaum hatte das erste elektrodynamische Wasserbehandlungsgerät 1997 die W 512 Prüfung unter besonderem Einsatz seiner Intelligenz geschafft, wurde die Frage gestellt, ob es sich hier noch um

ein physikalisches Gerät im bisherigen Sinne handelt. War doch die W 512-Prüfung zunächst als black-box-Test vorgesehen, um zu überprüfen, ob ein solches Wasserbehandlungsgerät überhaupt signifikant die Steinbildung zu vermindern mag. Effekte auf die Wasserqualität und praxisferne Testbedingungen wurden kritisiert. Dies führte neben einer besseren Abstimmung der Geräte, anderen Bezeichnungen in ihrer Arbeitsweise (elektrodynamisch, chemiefrei, alternativ) auch zur derzeitigen Gebrauchstauglichkeitsprüfung, die letztlich in einem neuen Arbeitsblatt W 510 festgeschrieben sein wird.

Speziell zur Verhinderung von Kalziumkarbonatablagerungen sind die modernen, DVGW zertifizierten „Kristallkeimbildungsmaschinen“, die sehr viele Nanokristalle als Keimbildungszentren zur Verfügung stellen können. Übersteigt nämlich die Oberfläche aller Kristallisationszentren die Oberfläche

der Heizelemente um mehrere Größenordnungen, so wird – statistisch gesehen – die Wahrscheinlichkeit für die Abscheidung von Kalziumkarbonatmolekülen auf dieser Oberfläche nahe Null sein. Bei hoher Heizflächenbelastung müssen das allerdings



Beim permanentmagnetischen Wasserbehandlungsgerät permasolvent werden Wasserverwirbelung und alternierende Magnetfelder kombiniert. Bis zu 8 Felder werden mit Hilfe von Polschuhen auf eine Kernspindel im Wasserraum fokussiert

sehr viele sein, da in kurzer Zeit relativ viel Kalziumkarbonat abzufangen ist. Weltweit bieten zur Zeit nur die Hersteller BWT, Grünbeck, Judo, Permatrade, Syr und Watercryst (Braukmann und Berkefeld verkaufen Biocat-Geräte von Watercryst unter eigenem Label) entsprechende Geräte an. Bis auf Watercryst greifen alle Geräte mit Hilfe der Elektrolysetechnik an sehr großen Elektrodenoberflächen lokal in das Kalk-Kohlensäuregleichgewicht ein.



Die „Physikalischen“ der neuen Generation arbeiten mit Nanokristallbildung. Dies ist abgeleitet von nanus, lateinisch der Zwerg

AQA total

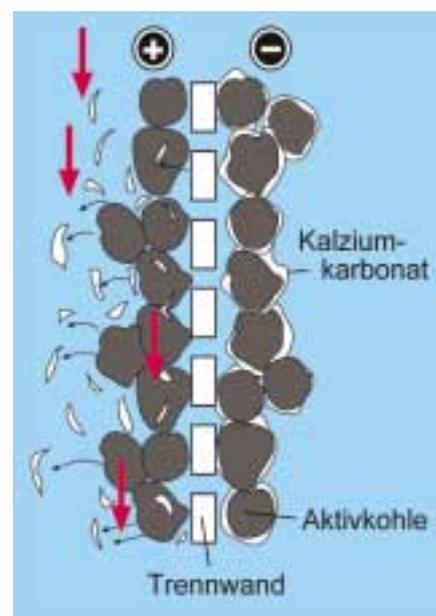
Das AQA total-Gerät von BWT hat als erstes elektrolytisches Gerät überhaupt die W 512-Hürde genommen und das DVGW-Prüfzeichen erhalten. Damit war ein Quantensprung in der Wasserbehandlungstechnik geschafft. Zentrale Behandlungseinheit bei der IQ-Technik ist die Festbettelektrode, eine dreidimensionale Elektrode, bestehend aus einer Mischung von Quarzsand und Kohlegranulat. Da jedes einzelne Kohlekörnchen als Mikroelektrode wirkt, erhält man eine sehr große reaktive Oberfläche. Der Quarz dient nur als Verdünnung der Kohleteilchen zur Einstellung des Zellwiderstandes und damit dem elektrischen Feld. Entmischungsprobleme dürfen allerdings nicht auftreten. Bei Wasserfluß wird über zwei Kontaktelektroden eine gepulste Gleichspannung angelegt. Die Vielzahl der Mikroelektroden wird dadurch polarisiert, d. h. es bildet sich ein positiver und negativer Pol. Am Minuspol kommt es durch den Elektrolyseprozeß zu einer Alkalisierung und Kalk fällt aus. Werden Elektrolysebe-

dingung und -dauer geeignet gewählt, erhält man den Kalk in form von Nanopartikeln, die mit ihrer spezifisch großen Oberfläche wirkungsvolle Kristallkeimbildungszentren darstellen. Durch periodischen Spannungswechsel wird die Elektrodenoberfläche immer wieder aktiviert und so vor einer Passivierung durch Verkalken geschützt. Die Standzeit für die einfach wechselbare Austauschkartusche beträgt 400 m³.

Biocat

Das gleiche Ziel, die Bereitstellung von vielen Kristallisationskeimen aus Wasserbestandteilen erreicht der Biocat von Watercryst durch das Prinzip der Biomineralisation. Hierzu werden in einer Kartusche dem übersättigten Wasser energetisch günstige Fremdoberflächen zur Kalkablagerung angeboten. Die Oberfläche des eingesetzten Materials ist dabei in molekularem Maßstab so gestaltet, daß diese der zu bildenden mineralischen Phase möglichst genau ent-

spricht. Damit ist es aber noch nicht getan, da der Fremdkörper – es handelt sich um Kunstharzkügelchen wie bei einem Ionenaustauscher – nicht beliebig stark von Kalk umhüllt werden darf und somit dann als „Perle“ endet. Gelöst wird das Problem mit Hilfe eines sogenannten Wirbelbetts. Im inneren der Reaktionskammer bewegen sich die Harzkügelchen frei in der turbulent gehaltenen Strömung, stoßen immer wieder zusam-



Die Nanokristallkeimbildung an der negativ polarisierten Kohleoberfläche wird durch Alkalisierung bewirkt. Das alkalische Milieu führt zur Abscheidung von Kalziumkarbonat auf dem Elektrodenmaterial. Durch umpolen löst sich der Kalk und wird vom Wasserstrom mitgenommen



Bei den „Physikalischen“ der neuen Generation wurde die Wirksamkeit wissenschaftlich nachgewiesen und ein DVGW-Zeichen erteilt

men, Kalkabrieb entsteht, der das Wasser mit Kristallisationszentren versorgt. Damit einerseits die Kristallkeimbildungsarbeit aufgebracht werden kann und die Wachstumsrate der Kalkhülle akzeptabel bleibt, wird das System im Warmwasserzirkulationssystem eingebaut. Beim Kaltwassereinsatz wäre die Wirksamkeit nicht so hoch und Maßnahmen zum Schutz vor Verkeimung müssen getroffen werden. Nach zwei bis drei Jahren – je nach Wassertemperatur – steht ein Wechsel des Katalysatormaterials an.

Biostat 2000

Ebenfalls über den Eingriff in das Kalk-Kohlensäuregleichgewicht mittels der Elektrolysetechnik arbeitet der Biostat 2000 von Judo. Diese Technik enthält als Wirkeinheit ein Elektrolysegefäß mit einer zentral angeordneten, negativ gepolten Edelstahlbürste und einer ringförmigen Gegenelektrode aus Kohlegranulat/Titan. An der relativ großen Oberfläche der Stahlbürste wird wie bei der IQ-Technik, mit pulsierenden Strömen, durch Alkalisierung Kalk abgeschieden. Anders als beim Festbettssystem, wo optimale Strömungsverhältnisse vorliegen und zur Kalkablösung die Elektrodenoberfläche lediglich umgepolt werden muß, wird hier der Kalk mechanisch

abgestreift. Durchgeführt wird dies mit einem elektrisch betriebenen Rotor. Durch verbiegen der Edelstahlborsten platzt der spröde Kalk ab und wird in Form unterschiedlich großer Partikel ins Wasser „geschleudert“. Größere Kalkteilchen sedimentieren am Behälterboden und sollten in Intervallen abgeschlämmt werden. Obwohl die elektrolytischen Wasserbehandlungsgeräte erfahrungsgemäß mit zunehmender Betriebsdauer etwas an Wirksamkeit verlieren, ist nach Herstellerangaben kein Austausch der Zelle erforderlich.

Geno – K4

Die alternative Methode von Grünbeck – mit der „sanften Kraft“ gegen Kalk – arbeitet ebenfalls mit Elektrodentechnik. Hier werden zwei Lagen Kohlefasergewebe zusammen mit Trennvliesen aus Kunststoff zu einer Rolle aufgewickelt (sog. swissroll) und mit Titanelektroden elektrisch kontaktiert. Auch Geno-K4 arbeitet zunächst nach dem gleichen Prinzip wie die anderen Kristallkeimbildungsmaschinen, mit großen Elektrodenflächen und pulsierenden Strömen. Deutlich abgewichen wird dagegen in der angelegten Spannung die hier nur max. 2,6 Volt beträgt, während die vorgenannten Geräte bis zu 28 Volt anlegen. Bei dieser Unterspannungsabscheidung wird die

Wasserspaltung vermieden, die Alkalisierung wird dann lediglich durch die elektrochemische Reduktion des im Wasser gelösten Sauerstoffs bewirkt ($O_2 + 2 H_2O + 4 e^- \rightarrow 4 OH^-$). Aus diesem Grund kann beim Geno-K4 auch nicht von einem elektrolytischen Gerät gesprochen werden. In regelmäßigen Abständen müssen Spülprozesse durchgeführt werden. Entsprechend der Anzeige wird nach ca. 600 m³ die Behandlungseinheit vom Kundendienst gewechselt. Optional erhältlich ist eine Wasserstoppfunktion

Multisafe 3000

Der Multisafe 3000 von Syr gilt als das komplexeste Wasserbehandlungsgerät am Markt und arbeitet auch elektrolytisch. Geräte der ersten Generation arbeiteten analog zum Biostat mit Edelstahlkathoden (sog. Igel) und mechanischer Kalkabstreifeinrichtung. Zusätzlich wurde das Elektrodenystem noch ringförmig von mehreren Graphit-stabelektroden umgeben. Dieses „technische Wunderwerk“ konnte wahrscheinlich dauerhaft den hohen Anforderungen die an Elektrodenmaterial und Kontaktierung in wäßriger Umgebung bei Spannungen von 20 bis 30 Volt gestellt sind nicht standhalten. Neuere Typen setzten daher ausschließlich auf eine Vielzahl von

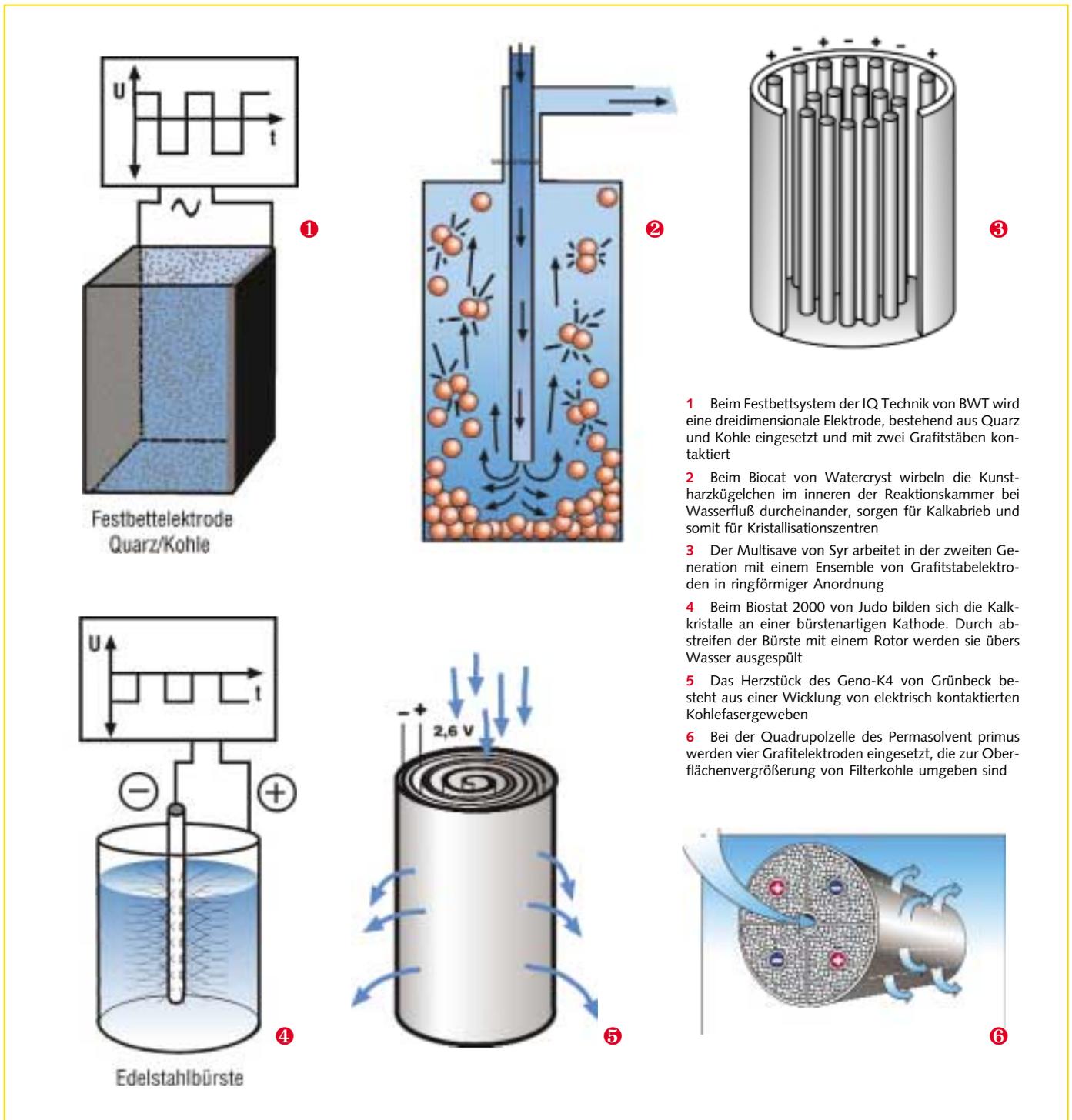
Stabelektroden aus Grafit, die doppelringförmig angeordnet und mit pulsierenden Strömen versorgt sind. Kohlegranulat wird nicht eingesetzt. Nach ca. 400 m³ wird der Austausch der elektrolytischen Zelle empfohlen.

Optional gibt es Multisafe mit einer Wasserstoppvorrichtung, die eine vorgegebene Wassermenge überwacht. Zudem ist das Gerät busfähig.

Permasolvent primus

Bei der Quadrupoltechnik des Primus durchströmt das Wasser vier elektrisch alternierend gepolte Aktivkohlesegmente, deren Granulatteilchen als Mikroelektroden wirken und durch Spannungsimpulse im Niederspannungsbereich polarisiert werden. An den negativ gepolten Mikroelektroden kommt es zu einer Alkalisierung

($2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^- \rightarrow 2 \text{ OH}^- + \text{ H}_2$). Das alkalische Milieu (OH^-) führt bei kalkhaltigen Wässern dann zu einer Abscheidung von Kalziumkarbonat ($\text{Ca}^{2+} + 2 \text{ HCO}_3^- + 2 \text{ OH}^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_3^{2-} + 2 \text{ H}_2\text{O}$). Mit einer speziellen Spannungsfunktion wird die Neubildung von Kalziumkarbonatkristallen gegenüber dem Wachstum bereits gebildeter Kristalle bevorzugt, Nanokristalle entstehen. Durch periodische Span-



- 1 Beim Festbettelektrode der IQ Technik von BWT wird eine dreidimensionale Elektrode, bestehend aus Quarz und Kohle eingesetzt und mit zwei Grafitstäben kontaktiert
- 2 Beim Biocat von Watercryst wirbeln die Kunstharzkügelchen im inneren der Reaktionskammer bei Wasserfluß durcheinander, sorgen für Kalkabrieb und somit für Kristallisationszentren
- 3 Der Multisave von Syr arbeitet in der zweiten Generation mit einem Ensemble von Grafitstabelektroden in ringförmiger Anordnung
- 4 Beim Biostat 2000 von Judo bilden sich die Kalkkristalle an einer bürstenartigen Kathode. Durch abstreifen der Bürste mit einem Rotor werden sie übers Wasser ausgespült
- 5 Das Herzstück des Geno-K4 von Grünbeck besteht aus einer Wicklung von elektrisch kontaktierten Kohlefasergeweben
- 6 Bei der Quadrupoltechnik des Permasolvent primus werden vier Grafitelektroden eingesetzt, die zur Oberflächenvergrößerung von Filterkohle umgeben sind

nungsumkehr in Abhängigkeit vom Volumenstrom werden die Kristallisationszentren dann immer wieder abgelöst und das Gerät selbst vor einer Verkalkung geschützt.

Zusammen mit der Abscheidung von Kalk auf der Kohleoberfläche werden geringe Mengen Wasser gespalten. Der atomar gebildete Sauerstoff sorgt dabei für einen gewissen Schutz vor ungewolltem Keimwachstum, das Gerät ist somit im Betrieb, wie die anderen elektrolytisch arbeitenden Geräte selbstdesinfizierend. Ein Austausch der Einwegzelle wird nach ca. 600 m³ angezeigt und ist ohne Werkzeug möglich. Optional gibt es den Primus mit einer Zirkulationspumpensteuerung.

Mit dem Prinzip des Ionentauschs steht ein mehrfach optimiertes Verfahren zur klassischen Wasserenthärtung zur Verfügung, das sich in der Praxis bewährt hat. Auch die Dosierverfahren sind bis 60 °C wirksam, sollten aber

eher dann eingesetzt werden, wenn gleichzeitig Korrosionsprobleme mit im Spiel sind. Beide Verfahren verändern die Wasserzusammensetzung.

Keine messbare Veränderung der Wasserqualität wird durch „esoterische“ Wasserbehandlungsgeräte erreicht. Ihre Wirksamkeit – belebend, vitalisierend – ist hauptsächlich subjektiver Natur. Die Erklärungsmodelle beruhen auf Spekulationen und sind wissenschaftlich derzeit noch nicht durchdrungen. Sollte sich diese Art der Wasserbehandlung aber als dauerhaft wirksam erweisen, könnte das eine zukunftssträchtige Methode werden.

Magnetische Wasserbehandlungsgeräte sind schon lange am Markt und haben ihre Wirksamkeit in der Praxis nachgewiesen. Da man jedoch noch mit der Stabilität des Effektes zu kämpfen hat, steht der naturwissenschaftliche Nachweis über die exakten Einflußgrößen noch aus. Aufgrund des größten Anbieterspektrums in diesem Bereich, gibt es neben zahlreichen seriösen

Anbietern auch viele Scharlatane. „Physikalische“ (elektrolytische) Geräte der neuen Generation – mit DVGW-Prüfzeichen – erzielen Wirkungsgrade im Kalkbereich die noch vor 10 Jahren für unmöglich gehalten wurden und jetzt Stand der Technik sind. Auch beim Korrosionsschutz – physikalische Geräte sind bereits erfolgreich im Einsatz – ist ein derartiger Entwicklungsverlauf nicht ausgeschlossen, denn wie schon Lichtenberg sagte: „Wer nur die Chemie versteht, versteht auch die nicht recht“.



Dr. Dietmar Ende

ist wissenschaftlicher Leiter der Permatrade Wassertechnik GmbH, 71213 Leonberg, Telefon (0 71 52) 9 39 19 44, Telefax (0 71 52) 9 39 19 35, E-Mail: ende@permatrade.de, Internet: www.permatrade.de