

Historische Entwicklung und Arbeitsweisen

125 Jahre Physikalische Wasser- behandlung

Dr. D. Ende und M. Anders*

Seit 125 Jahren befinden sich physikalische Wasserbehandlungsgeräte am Markt. Trotz vieler Kritik an der Wirksamkeit geben die Geschichte und praktische Erfahrungen diesem Prinzip seine Berechtigung, da die Anlagen sich in der Praxis bewährt haben. Vor kurzem wurde auch vom TZW, der DVGW-Forschungsstelle in Karlsruhe festgestellt, daß die Geräte wirken.

Zuerst in den USA

Bereits im Juni 1873 wurde A.T. Hay das U.S. Patent No. 140, 196 für die Einwirkung magnetischer Felder auf das Wasser erteilt. Dieses Datum kann als offizielles, urkundlich belegtes Geburtsdatum der physikalischen Wasserbehandlung bezeichnet werden. 18 Jahre später, 1891 wurde in Deutschland ein Reichspatent für ein ähnliches Gerät erteilt. 1931 wurde in England

* Dr. Dietmar Ende ist Leiter der Abteilung Forschung und Entwicklung der perma-trade Wassertechnik GmbH in Leonberg/Höfingen;

Diplomchemiker Manfred Anders ist Projektleiter am Steinbeis Transferzentrum Textilveredlung Reutlingen und promoviert an der Universität Stuttgart über die Alterung von Cellulose

R. H. Smith Abbott ein Patent für ein kurioses Gerät zur „elektrischen“ Kesselsteinverhütung zugesprochen. Der Behandler, der auch in Deutschland und der Schweiz unter dem Namen Tonisator vertrieben wurde, besteht aus luftdicht verschlossenen Glaskugeln, welche mit Quecksilber und seltenen Gasen gefüllt sind. Entscheidend dabei ist, daß es durch die Bewegung im Wasserstrom zu einer elektrostatischen Aufladung zwischen Glaswand und Quecksilber kommt. Beim Schütteln dieser Glaskugeln wurden sogar lodernd, rötlich gelbe Lichtsäume am Rand der Quecksilbertröpfchen beobachtet. In der Patentbeschreibung heißt es, daß eine Kugel (90 mm Ø) bis zu 50 Liter Wasser pro Stunde behandeln kann, in Abhängigkeit der Wasserzusammensetzung und der Stärke der Kugelbewegung. Man beobachtete durch diese Behandlung eine verringerte Neigung zur Kesselsteinablagerung, die sich auch leichter mechanisch entfernen läßt. In den Jahrbüchern „Vom Wasser“ berichtet A. Splittgerber 1936 über Ergebnisse von Praxiseinsätzen des Tonisators. Schon damals verwendete man dieses Gerät um Korrosionsprobleme zu bekämpfen. Auch Wasserwerke wurden durch die Werbeaussagen und die rege Diskussion auf dieses neue Verfahren aufmerksam und stellten eigene Untersuchungen an. Dabei stellte sich heraus, daß durch eine Tonisatorbehandlung die Härte des Wassers zwar unverändert blieb, die Kristallisation des Kalks sich aber deutlich veränderte.



Bild 1 Titelbild eines Firmenprospektes aus dem Jahr 1949

Die Natur als Vorbild

Etwa zu derselben Zeit beschäftigt sich der österreichische Erfinder Viktor Schauberger mit mechanischer Wasserverwirbelung. Er war überzeugt, daß die Art der Wasserführung eine entscheidende Rolle für die Qualität des Wassers spielt. Wasser schlechter Qualität sollte durch den abschnittweisen Einbau von sogenannten „Doppeldrallrohren“ verbessert werden, die dem Wasser eine natürliche Bewegung geben – wie sie in Bächen und Flüssen vorkommt. Nach Schauberger sollen dadurch pathogene Keime im Wasser vernichtet werden und weniger Ablagerungen entstehen. Für seine diversen Wasserbelebungsgeräte, die er als Kopien der Natur verstand, wurden ihm Patente erteilt.

Erste wissenschaftliche Untersuchungen

Den ersten Anstoß für wissenschaftliche Untersuchungen zu diesem Thema der Wasseraufbereitung löste ein von Vermeiren 1945 angemeldetes Patent aus, in welchem von kalksteinverhütenden und korrosionsmindernden Wirkungen der C.E.P.I. Geräte gesprochen wird. C.E.P.I. steht für „conditionnement électromagnétique par induction“. Es handelt sich dabei um zwei Gerätetypen, wobei die Magnetfelder von Permanentmagneten wie auch Elektroma-

gneten erzeugt werden. Das zu behandelnde Wasser fließt in jedem Fall senkrecht zu den Feldlinien. Der Importeur für Deutschland, Dr. F. A. Friedel und Sohn, erklärt in seinem Prospekt mit der vielversprechenden Überschrift „Magnetismus bricht Kristalle“ die Wirkung seiner Geräte sinngemäß wie folgt:

„Das CEPI-Verfahren greift an den diamagnetischen Feldern des Wassers an und verändert die Umlaufgeschwindigkeiten der Außenelektronen durch intramolekulare Induktion. Dabei verschieben sich Feldrichtung und Feldstärke der durch den Elektronenumlauf hervorgerufenen Mikromagnetfelder. Als Konsequenz wird das gesamte elektrostatische Gefüge von Kristallgittern in Schwingung versetzt. Dadurch können die Härtebildner des Wassers keine Kristallgitter mehr aufbauen. Die auf diese Art behandelten Wassermoleküle werden in die Lage versetzt, die Gitterstruktur bestehenden Altsteins zu sprengen und diesen zum Zerfall zu bringen. Diese Aktivierung klingt allmählich wieder ab, doch kann für die Praxis mit einer Wirkungsdauer von mehreren Tagen gerechnet werden.“

1952 stellten Eliassen und Uhlig in den USA eine Studie vor, in der sie die Aussagen der Hersteller zum Wirkmechanismus ihrer Geräte naturwissenschaftlichen Fakten gegenüberstellten. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß die angegebenen Wirkmechanismen mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen meist nicht in Einklang zu bringen sind. In der folgenden Zeit erschienen eine ganze Reihe von Publikationen aus Universitäts- und Militärlaboratorien, die den unterschiedlichsten Gerätetypen nach exakten Tests Wirkungslosigkeit bescheinigten.

Russischer Forscherschweiß

In den 60er und 70er Jahren befaßte man sich dann in der ehemaligen Sowjetunion intensiv mit den Grundlagen der physikalischen Wasserbehandlung. Es wird von interessanten Phänomenen berichtet, die viele neue Einsatzgebiete eröffnen. So sollen sich infolge der magnetischen Behandlung Mineralien besser lösen, Beton härter werden, Dieselöl sauberer verbrennen und das Wachstum bestimmter Pflanzen gesteigert werden. Allerdings genießen die sowjetischen Wissenschaftler in dieser Zeit keinen guten Ruf, was die Wasserforschung be-

trifft. Das von Boris Deryagin 1967 proklamierte Polywasser entpuppte sich 1970 als Schmutzeffekt und ging als „russischer Forscherschweiß“ in die Geschichte ein.

Auch in der ehemaligen DDR wurde im Bereich ‚Kraftwerkschemie‘ am Einsatz physikalischer Geräte gearbeitet. Dort findet die Magnetfeldbehandlung von Wasser sogar Einzug in den ‚Brockhaus‘ von 1987. Nach Brockhaus ABC Chemie besteht die Magnetfeldbehandlung des Wassers zur Steinverhütung im Folgenden:

„Das aufzubereitende Wasser bewegt sich durch ein Magnetfeld, wobei Fließrichtung und magnetische Kraftlinien senkrecht zueinander stehen müssen. Dabei wird das Ausfällen der Karbonathärte nicht verhindert, die Fällungsprodukte fallen aber durch die Behandlung in amorpher, abschlämmbarer Form an. Sie können so aus der Anlage entfernt werden, so daß sich störende Inkrustationen vermeiden lassen. Oft gelingt es sogar, alte Inkrustationen wieder abzutragen.“

In westlichen Ländern verfügten die Industrie wie auch die privaten Haushalte über nahezu beliebige Mengen an Chemikalien zur Wasserbehandlung und diese wurden auch bedenkenlos eingesetzt. Zunehmendes Umwelt- und Gesundheitsbewußtsein führte seit Anfang der 80er Jahre wieder verstärkt zum Angebot der „Physikalischen“ am Markt. Die Verunsicherung war allerdings groß, da den positiven Berichten aus der Praxis – oft handelte es sich um technische Anwendungen – viele fehlgeschlagene Laborexperimente gegenüberstanden.

Kalkkiller ohne Wirkung

Im Jahre 1985 veröffentlichte die Stiftung Warentest unter dem Titel „Kalkkiller ohne Wirkung“ die negativen Ergebnisse umfangreicher Labortests mit Boilerversuchsständen. 1989 rückte die Österreichische Zeitschrift „Konsument“ – vergleichbar mit der Zeitschrift „Test“ – durch eine vernichtende Kritik der PWG alle Hersteller und Vertreiber ins Licht der Scharlatanerie.

Heute beschäftigen sich Hochschulinstitute in England, USA und Japan mit den Grundlagen. Auch in Deutschland nehmen einige Hersteller die Herausforderung an und forschen intensiv auf diesem komplexen Gebiet. Mit neuen Ideen und Untersuchungsmethoden wurden wichtige Erkenntnisse gewonnen und veröffentlicht [1–5]. Eine öffentliche Forschung an deutschen Hochschulen gibt es gegenwärtig kaum.

DVGW W 512

Aktuell findet im Auftrag des DVGW die wahrscheinlich aufwendigste Prüfung von physikalischen Wasserbehandlungsgeräten, wie bereits 1985 bei der Stiftung Warentest, wieder mit Boilerprüfständen statt. Für diese Prüfung wurde eigens das Arbeitsblatt W 512 aufgestellt, welches die Prozedur zum Nachweis einer Verminderung der Steinbildung beschreibt und Fehlergrenzen festlegt. Mit angegeben ist der notwendige Wirksamkeitsfaktor von $f=0,8$, der den Zugang physikalischer Wasserbehandlungsgeräte zu einem DVGW-Zeichen hinsichtlich Funktion ermöglichen kann. Ein Wirksamkeitsfaktor von $f=0,8$ bedeutet, daß sich im Boiler mit PWG nur 20 % der Kalkmenge des parallel betriebenen Referenzboilers befinden darf. Zur Einschätzung des Wirksamkeitsfaktors sei erwähnt, daß ein Ionenaustauscher mit dem Prüfwasser unter Einhaltung der TVO lediglich einen Faktor $f=0,64$ erreicht. Die Prüfung wird zeigen, daß es sich bei vielen PWGs um Produkte handelt, die, unter Beachtung ihrer Einsatzgrenzen, technisch verwertbare Effekte mit geringem Aufwand hervorbringen, aber keine Zaubergeräte darstellen.

1873 Hay	Magnetfeld
1888 Kotyra	Wechselstrom zwischen Hilfselektrode und Boilerwand
1907 Riekard	Gleichstrom zwischen Eisenanode und Boilerwand
1928 Metallurg. Ges.	Elektromagnetische Wellen
1933 Abbott	Elektrostatische Behandlung mit Glaskugeln (Tonsator)
1943 Butler	Galvanisches Verfahren mit 2 Metallen (Kupfer/Zink)
1949 Petroleum Times	Hochfrequenzbehandlung im MHz-Bereich
1953 Engincer	Ultraschallbehandlung im kHz-Bereich

Zeittafel der Verfahren

Arbeitsweise physikalischer Wasserbehandlungsgeräte

Neben ihrer Wirkung zur Verringerung der Kalksteinbildung werden physikalische Wasserbehandlungsgeräte heute zunehmend wegen ihrer günstigen korrosions-chemischen Auswirkungen auf die wasserführenden Teile eingesetzt.

Interessant erscheint der Aspekt, daß unterschiedliche Funktionsweisen mehr oder weniger denselben Effekt bewirken. Die Behandlung des Wassers erfolgt je nach Gerät durch ein

■ ■ ■ Permanentes Magnetfeld

Bei diesen Geräten durchfließt das Wasser ein senkrecht zur Fließrichtung stehendes Magnetfeld. Einfache, kaum wirksame Geräte bestehen hier lediglich aus einem Magneten, der mit einer Schelle am Rohr befestigt wird. Das Rohr darf allerdings nicht aus ferromagnetischem Material, wie verzinktem Stahl bestehen, da dieses Material abschirmend wirkt und der Innenraum somit „feldfrei“ bleibt. Bei leistungsfähigeren Behandlungsgeräten wird das Wasser durch mehrere in der Polung alternierend angeordnete Magnetfelder geführt, wobei die Feldlinien zusätzlich durch Polschuhe verdichtet werden. Weiterhin ist es günstig, wenn der Geräteaufbau eine gezielte Feldführung in den Wasserraum ermöglicht.

■ ■ ■ Elektromagnetisches Feld

Hier wird das Wasser durch das Magnetfeld einer elektrischen Spule geführt, die mit pulsierendem Gleichstrom versorgt wird. Meist wird dafür einfach die untere Sinushalbwellen der Netzfrequenz elektronisch nach oben geklappt.

In Anlehnung an dieses Prinzip funktionieren auch die sogenannten „Wickler“, die aber rechteckförmige Wechsignale benutzen. Das dynamische Magnetfeld koppelt sich über einen um das Wasserrohr gewickelten Draht induktiv oder kapazitiv – je nach Typ – ein. Auch hier kann das Feld bei verzinktem Stahlrohr kaum zum Wasser vordringen, wenn nicht extrem hohe Frequenzanteile vorhanden sind. Billige Geräte arbeiten mit einer Festfrequenz, teurere mit einer Frequenzmischung und sehr hoher Flankensteilheit um sog. Obertöne zu erzeugen, d. h., um sicherzustellen, daß das



Bild 2 In diversen Karikaturen wurde dem Magnetismus immer wieder unterschiedliche Wirkungen attestiert

Frequenzspektrum auch sehr hochfrequente Anteile enthält.

■ ■ ■ Elektrodynamisches Feld

Über Elektroden, die direkt in das Wasser eintauchen, werden Rechteckspannungsimpulse im Niederspannungsbereich ausgesendet. In der Mehrzahl bestehen die Elektroden aus Edelstahl und sind wartungsfrei, gelegentlich werden auch Kohlelektroden eingesetzt, die sich aber nach 2–3 Jahren verbrauchen. Die üblicherweise angewendeten Frequenzen reichen von 0,5 bis 10 kHz und sind gelegentlich an den Wasserdurchfluß gekoppelt.

■ ■ ■ Elektrostatiches Feld

Auf das Wasser wirkt bei dieser Behandlungsmethode ein statisches Hochspannungsfeld von 1000 bis 10 000 Volt. Das Gerät ist im Grunde ein Kondensator, bei dem auf beiden Platten der Pluspol liegt, während sich das Wasser auf Erdpotential befindet. Neuere Geräte arbeiten mit gestapelten „Kondensatorplatten“ die auch hinsichtlich den Strömungsbedingungen im Gerät optimiert sind.

■ ■ ■ Galvanisches Prinzip

Mittels einer Opferanode (Zink) wird gegen die edlere Gehäusewand eine Potentialdifferenz aufgebaut. Es fließt ein Korrosionsstrom, der das Zink auflöst. Bedingt durch die Sauerstoffreduktion an der edleren Gehäusewand entsteht eine Wandkalkalität und geringste Mengen von Kalk fallen aus. Diese sollen dann als Kristallisationszentren wirken. Gleichzeitig wird Zink in das Trink-

wasser eingetragen, um die Kristallkeimbildung bzw. das Kristallwachstum zu hemmen. Eigentlich arbeiten diese Geräte durch den Metalleintrag der Opferanode nicht rein physikalisch und sind auch nicht wartungsfrei.

■ ■ ■ Mechanische Geräte

Durch eine ausgeklügelte Wasserführung im Gerät – oft in Anlehnung an die Arbeiten von V. Schauburger – soll sich das Wasser durch Mechanik in seinen Eigenschaften verändern. Diese Veränderungen entsprechen angeblich denen der anderen PWG.

Auch zu den mechanischen Geräten gehören Apparate, die sog. levitiertes Wasser herstellen. Hier wird aber mehr mit gesundheitlichen Aspekten geworben. In Verbindung damit steht auch der Begriff des „rechts drehenden Wassers“, welchem in der esoterischen Literatur ganzheitlich positive Eigenschaften zugeschrieben werden. Die Eigenschaft „rechtsdrehend“ läßt sich allerdings nur radiästetisch bestimmen und sollte nicht mit der optischen Drehung – wie beispielsweise bei der Milchsäure im Joghurt – verwechselt werden.

Der Vollständigkeit halber sei auch eine Gerätegruppe erwähnt, bei welcher lediglich „Information“ an das Wasser übertragen wird und dadurch Wirkungen auftreten sollen. Die Informationen sind beispielsweise auf einem Aluminiumträger geprägt und werden stromlos durch Anklempfen auf die Installation in das Wasser übertragen. Bei einer „erfolgreichen“ Information soll auch eine Kalkstabilisierung eintreten. Nicht erklärbar ist beim derzeitigen Stand der Wissenschaft der mögliche Wirkmechanismus dieser Geräte.

■ ■ ■ „Esoterische“ Geräte

Die **Vorteile** dieser physikalischen Behandlungsmethoden sind technologisch verwertbare Effekte, die mit geringem Aufwand und ohne Zusatz von Chemikalien erreicht werden können. Beispielsweise ist im Falle permanentmagnetisch arbeitender Geräte weder eine Wartung, noch eine Energieversorgung notwendig. Von **Nachteil** ist der noch nicht vollständig verstandene Wirkmechanismus, welcher von bisher noch unbekanntem Faktoren beeinflusst wird und somit die Einsatzgrenzen unscharf werden läßt.

Stand der wissenschaftlichen Forschung

Forschungsarbeiten aus Japan und Rußland sowie eigene Untersuchungen zeigen, daß die physikalischen Wasserbehandlungsgeräte primär auf das Wasser selbst einwirken und dieses in seiner Struktur verändern. Diese temporäre Veränderung des Wassers führt dann zu anderen „wäßrigen Bedingungen“ an den Grenzflächen zwischen dem jeweiligen Festkörper und dem Wasser. Dadurch verändert sich beispielsweise die Kristallkeimbildungsgeschwindigkeit von Kalk oder das Oxidationsverhalten von Metallen in wäßrigem Milieu.

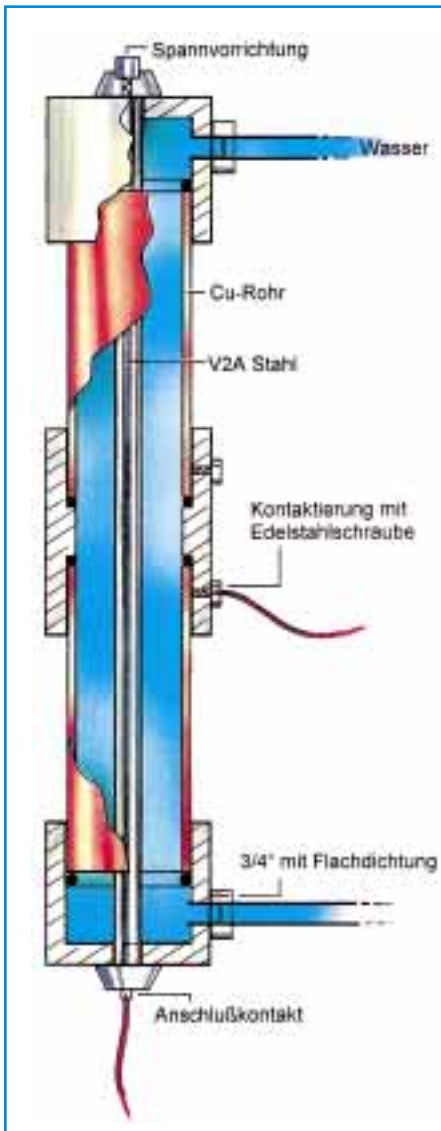


Bild 3 Meßzelle zur Bestimmung der elektrochemischen Korrosionsrate von technischen Rohrmaterialien

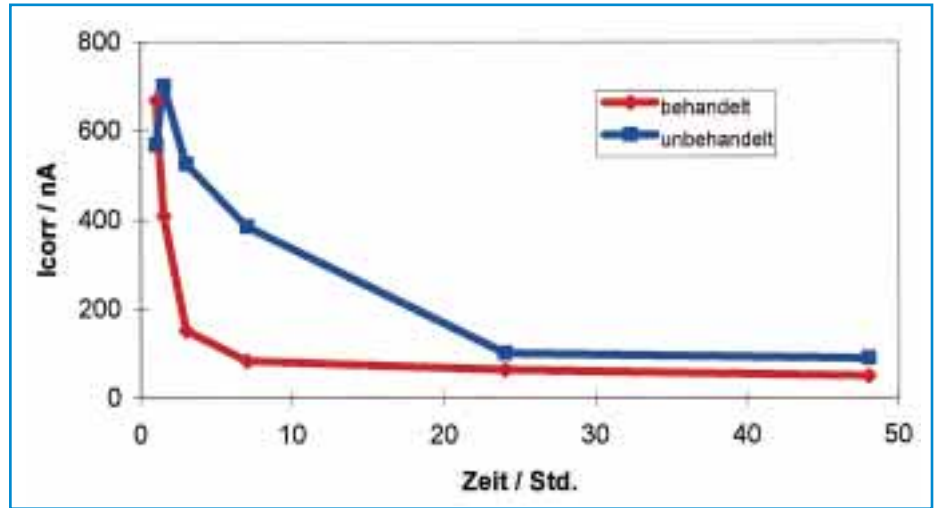


Bild 4 Korrosionsstrom/Zeit – Kurven von technischen Kupferrohrabschnitten in einer Heißwasserzirkulation bei $T = 80\text{ °C}$ mit Bodenseewasser (9°dH , $\text{pH } 8$). Rote Kurve: permanentmagnetisch behandelt, blaue Kurve: unbehandelt

Mit speziellen Untersuchungsmethoden lassen sich auch Behandlungseffekte in entsalztem Wasser nachweisen. Gezeigt werden kann dies durch die Veränderung der Wasserfilmdicke auf einer rotierenden Walze infolge einer vorherigen physikalischen Behandlung des Wassers. Noch unverstanden ist die im Labor meßbare und in der Praxis beobachtbare gewisse Beständigkeit des Behandlungseffektes.

Korrosionsminderung bei Kupfer

Wie entsteht Korrosion? Zur Korrosion kommt es nur deshalb, weil unter den herrschenden Umgebungsbedingungen für den entsprechenden Werkstoff ein noch stabilerer Zustand existiert und dieser mit der Zeit angestrebt wird.

Wird ein Metallrohr mit Wasser gefüllt, so treten sofort Metallionen in das Wasser über und reagieren dort zu den Korrosionsprodukten. Sind die Korrosionsprodukte im Wasser schwerlöslich, so kann es zu einem dichten Aufwachsen derselben an der Metalloberfläche kommen. Durch diese Schutzschichtbildung wird das Metall vor weiterem Materialverlust geschützt. Salze wie Sulfat, Nitrat und Chlorid (nicht bei Kupfer) stören die Schutzschichtbildung, während sich Hydrogencarbonat (K_S 4,3-Wert bzw. KH) und Huminsäuren günstig auswirken.

Auch geeignete physikalische Wasserbehandlungsgeräte begünstigen meist die Deckschichtbildung auf dem Metall durch ihre Einwirkung auf die Struktur des Wassers. Mit Hilfe von elektrochemischen Korrosionsuntersuchungen kann an Kupferrohrabschnitten gezeigt werden, daß sich in permanentmagnetisch behandeltem Wasser schneller eine wesentlich dichtere Schutzschicht ausbildet. Der Fortgang der Korrosion wird dadurch um ca. 50 % gehemmt.

In Bild 4 ist der zeitliche Verlauf der Korrosionsstromdichte für Kupferrohrabschnitte in heißem Wasser bei 80 °C gezeigt. Der gemessene Korrosionsstrom steht in direktem Zusammenhang zur Zahl der ausgetretenen Metallionen und damit zum Materialverlust des Rohres. Die Untersuchung wird über einen Zeitraum von 50 Stunden in Bodenseewasser durchgeführt, wobei alle 2 Stunden 50 % Frischwasser nachgespeist wird. Gemessen wird zeitgleich parallel mit und ohne Behandlungsgerät in ständiger Zirkulation mit einem Durchsatz von 10 l/min. Als Behandlungsgerät dient das permasolvent PT-S 25 E. Zur Bestimmung der Korrosionsstromdichte werden sog. Tafelplots mit einer Spannungsvorschubgeschwindigkeit von 0,2 mV/s im Bereich um $\pm 150\text{ mV}$ gegen das Korrosionspotential in Zweielektrodenanordnung aufgenommen. In Bild 3 wird eine der beiden verwendeten Meßzellen für Rohrabschnitte gezeigt. Die Zelle besteht aus einer Kunststoffhalterung mit $3/4$ "-Abgängen die zwei Rohrabschnitte von je 150 mm Länge aufnehmen kann und mit O-Ringen abgedichtet sind. Zusammengehalten wird das Ganze durch eine Edelstahlspannvorrichtung, welche gleichzeitig als Mittelelektrode ausgebildet ist. Beide Zellen sind für die Messung in den



Bild 5 Beispiel für eine Boilerprüfanlage mit der gemäß W 512 die Kalksteinverminderung von Wasserbehandlungsanlagen geprüft werden kann

Zirkulationskreislauf eines Boilerprüfstandes [5] eingebaut.

In Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen [2] zeigen die Testrohre im behandelten Wasser in der Anfangsphase bei $t = 1$ Std. eine höhere Korrosionsrate als in der Vergleichsstrecke. Das Vergleichsrohr zeigt erst bei $t = 2$ Std. eine vergleichbare Korrosionsrate. Sehr gut ist in Bild 4 zu erkennen, wie im Falle des behandelten Wassers die Korrosionsrate überaus rasch abnimmt, was sich mit einer wesentlich schnelleren Bedeckung der Rohrinne mit Korrosionsprodukten (Kupfer(I)/(II) Oxid) erklärt. Unter den Versuchsbedingungen benötigt das Vergleichsrohr dafür die dreifache Zeit.

Viel wichtiger ist allerdings, daß die Korrosionsstromdichte des Rohres, welches von behandeltem Wasser durchflossen wird, für den Rest der Versuchszeit wesentlich unter der des Vergleichsrohres verbleibt, was den eigentlich nutzbringenden Effekt darstellt. Das heißt, die gebildete Deckschicht auf der Innenseite des mit behandeltem Wasser korrodierten Rohres ist wesentlich dichter und verhindert so besser den Austritt weiterer Metallionen.

Kalksteinverminderung

Da Wasser ein exzellentes Lösungsmittel darstellt, enthält natürlich vorkommendes Wasser immer mehr oder weniger viele Salze gelöst. Besondere Probleme werden vom Calciumcarbonat (Kalk) hervorgerufen, das sich hartnäckig an Wärmeübertragungs-

flächen festsetzt. In England beispielsweise schätzt man die Ausgaben, welche für die Reinigung und Instandhaltung von Boilern und Rohrleitungssystemen infolge abgesetzter Härte anfallen, auf gut 1 Milliarde US-\$.
Beschleunigte Kristallkeimbildung

Durch eine physikalische Behandlung des Wassers kann, unter Beachtung der Verfahrensgrenzen, mit minimalem Aufwand die anfallende Härte vermindert werden. Je nach Hersteller wird von einer beschleunigten [4] oder auch verzögerten Kristallkeimbildung gesprochen.

Bei der Hypothese der beschleunigten Kristallkeimbildung geht man davon aus, daß durch die Wechselwirkung mit dem Feld gleichzeitig sehr viele Kristallkeime gebildet werden, das Wasser dadurch an Kalk

verarmt, die Kristalle somit klein bleiben und mit dem Wasserstrom ausgespült werden können. Diese Keimbildung könnte durch eine vermehrte Anzahl von Zusammenstößen der Teilchen miteinander unter dem Feldeinfluß bewirkt werden. Nach einer anderen Modellvorstellung [6] sollen bereits im Wasser vorhandene Partikel durch die Felder von ihrem Wasserkäfig befreit werden und dadurch als Kristallisationskeime zur Verfügung stehen. Bei der verzögerten Kristallkeimbildung müßte eine Stabilisierung des gelösten Calciumhydrogencarbonats (löslicher Kalk) erfolgen, indem beispielsweise durch die Behandlung die Hydratationsbedingungen der Teilchen verändert werden und/oder sich die Löslichkeit der Kohlensäure verbessert.

Prüfung der verminderten Steinbildung

Um die verminderte Steinbildung durch eine vorherige physikalische Wasserbehandlung zu prüfen, wurden Kapillar- [1, 7] und Boilerprüfstände [5, 8] entworfen. Beim Kapillartest handelt es sich um einen miniaturisierten Röhrenprüfstand mit Rohrdurchmessern im Bereich um 500 μm . Bilden sich in diesen engen Röhren Kalkbeläge, so führt dies sofort zu einer dramatischen Querschnittsverengung und es kommt bei konstantem Fluß zu einem starken Druckanstieg, bzw. bei konstantem Druck zu einem deutlich reduzierten Durchfluß. Da die Strömungsbedingungen als praxisfern angesehen wurden, konnte sich dieses Meßprinzip nicht offiziell durchsetzen.

DVGW W 512

Durchgesetzt hat sich dagegen der Boilerversuchsstand, bei welchem die Menge des abgelagerten Kalkes bewertet wird. Entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt W 512 besteht der Versuchsaufbau aus vier identischen Einheiten für die Untersuchung der Wasserbehandlungsanlage. Die vier Versuchsstände werden zeitgleich parallel betrieben, wobei jeweils zwei Versuchseinrichtungen als Teststrecke bzw. als Blindstrecke betrieben werden. Im Falle der Permatrade-Anlage, die in Bild 5 gezeigt ist,

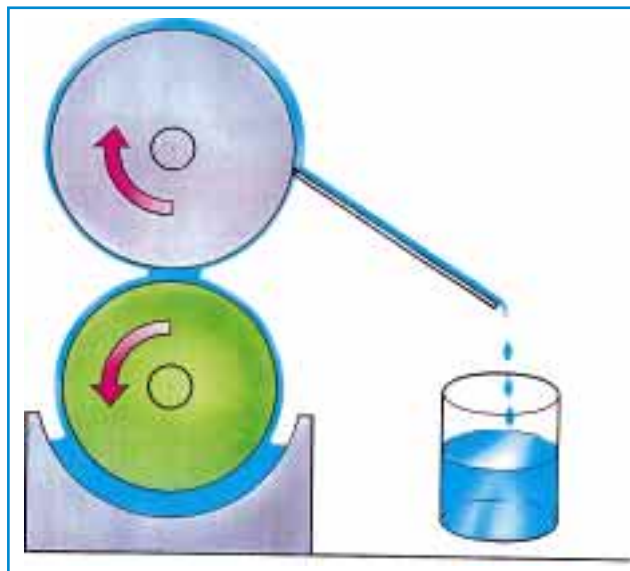


Bild 6 Versuchsanordnung zur Messung des Wassertransportvermögens

werden 6-Liter-Glaszylinder mit Flanschteilen aus Edelstahl verwendet, um das Ergebnis transparent zu machen. Der Tagesdurchsatz an Wasser beträgt 130 l je Anlage und wird innerhalb von 16 Stunden in 22 Einheiten mit 5 l/min zugeführt. Nach der 16stündigen Betriebsphase bei 80 °C folgt eine Stillstandszeit von 8 Stunden wobei die Temperatur gehalten wird. Das zugeführte Wasser sollte eine minimale Gesamthärte von 3,5 mol/m³ (ca. 20 °dH) haben und eine Calcitabscheidungsleistung von minimal 30 mg/l zeigen. Nach 21 Tagen ist der erste Durchlauf beendet, der Boilerinhalt wird mit Säure herausgelöst und die Härtebildner Calcium und Magnesium werden bestimmt. Für den obligatorischen zweiten Durchlauf werden die Behandlungsstrecken mit den Blindstrecken getauscht.

Die Ergebnisse zeigen unter anderem für die permanentmagnetische Wasserbehandlungsmethode eine deutliche Kalksteinverminderung an, wenn die Einsatzgrenzen beachtet werden. Sehr deutlich zeigt sich auch, wie der Behandlungserfolg von der Wasserzusammensetzung und den Rahmenbedingungen abhängig ist. Durch Fachwissen und Erfahrung können in der Regel die meisten Schwierigkeiten überwunden werden. Anzumerken ist allerdings, daß die Ergebnisse der Boilerversuche lediglich die prinzipielle Funktion des Gerätes belegen, aber dessen Wirkung in der Praxis, insbesondere für das Installationsnetz, wo völlig andere Strömungsverhältnisse herrschen, nur erahnt werden kann. Bestenfalls läßt sich das Ergebnis auf den Warmwasserspeicher übertragen.

Neue Meßmethode für Grundlagen

Bedarf besteht an einer Meßmethode die es gestattet, die Einwirkung eines PWG auf das Wasser darzustellen, um die Ursache des Behandlungseffektes aufzuspüren und die Geräteentwicklung voranzutreiben. Ein möglicherweise zielführender Ansatz stellt hier das Wassertransportphänomen dar, bei welchem die Wasserfilmdicke auf einem rotierenden Walzensystem gemessen wird. Im Gegensatz zu anderen unsicheren Meßgrößen wie der Oberflächenspannung und der Viskosität, wird hier ein robuster Summenparameter gemessen.

Die „Wassertransportmaschine“ besteht im wesentlichen aus zwei Walzen, einer Schöpfwalze mit Feuchtwalzbezug und einer Edelstahlwalze. Die Schöpfwalze taucht in ein Vorratsgefäß (Feuchtwanne) mit der

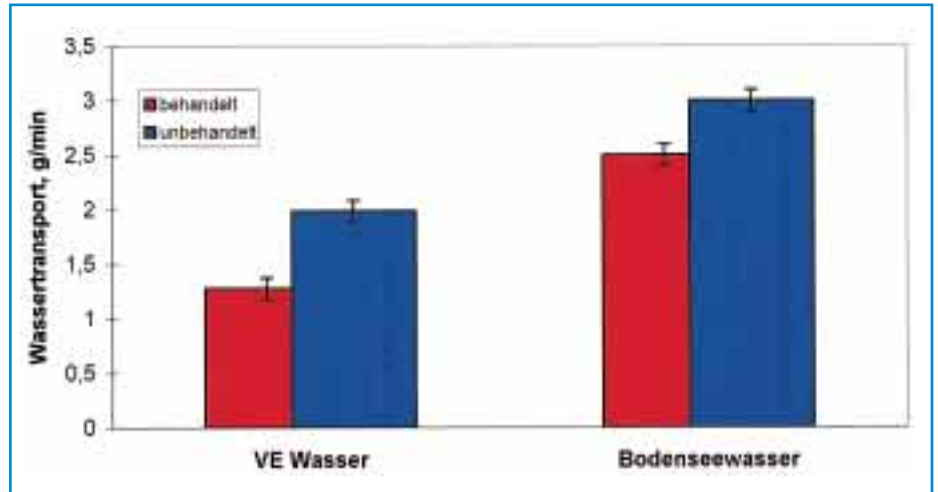


Bild 7 Veränderung der Wasserfilmdicke von vollentsalztem Wasser und Bodenseewasser auf einer rotierenden Walze durch magnetische Behandlung

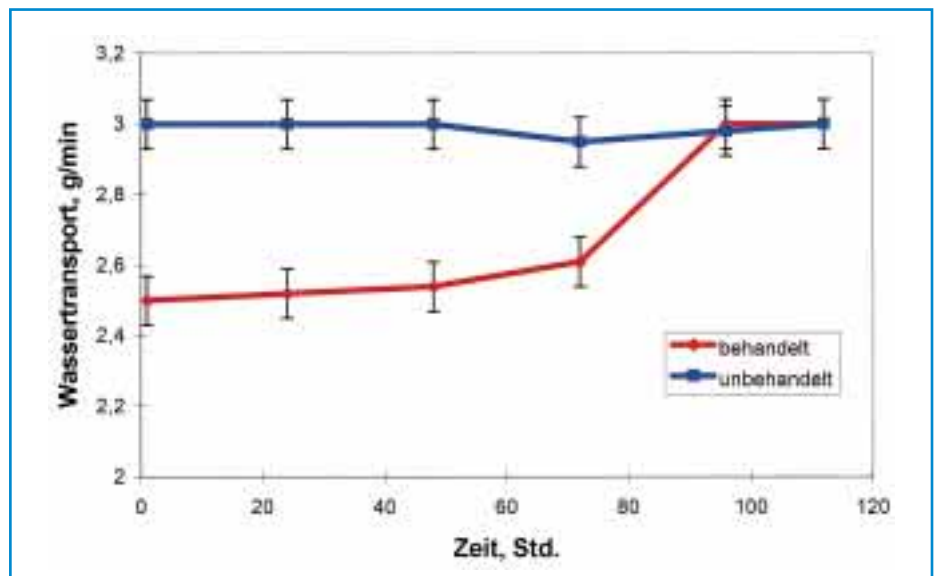


Bild 8 Wassertransportvermögen von behandeltem und unbehandeltem Bodenseewasser in Abhängigkeit der Zeit, als Maß für die Beständigkeit des Behandlungseffektes

zu untersuchenden Flüssigkeit ein und überträgt diese auf die Edelstahlwalze, wie in Bild 6 gezeigt ist. Nach der Einlaufphase stellt sich auf der Edelstahlwalze eine konstante Wasserfilmdicke ein, die indirekt durch Auswiegen bestimmt wird. Hierzu wird der Flüssigkeitsfilm auf einer definierten Breite abgerakelt und mit Hilfe eines Vliesstreifens in ein Auffanggefäß fortgeführt.

Behandlungseffekte in vollentsalztem Wasser

In Bild 7 sind die Mittelwerte aus 20 Messungen mit der zugehörigen Standardabweichung für das Wassertransportvermögen von vollentsalztem Wasser und Bodenseewasser gezeigt. Angegeben ist die abgerakelte Wassermenge in g/min als indirektes Maß für die Wasserfilmdicke auf der Walze. Es zeigt sich eine statistisch signifikante Abnahme der Wasserfilmdicke auf der Edelstahlwalze durch die permanentmagnetische Behandlung des Wassers, die, im Falle des vollentsalzten Wassers, 35 % beträgt. Nimmt man einen Einfluß der Magnetfeldbehandlung auf die Wasserstruktur an, so liegt es nahe, auch gelöste Stoffe zu untersuchen, welche die Wasserstruktur festigen

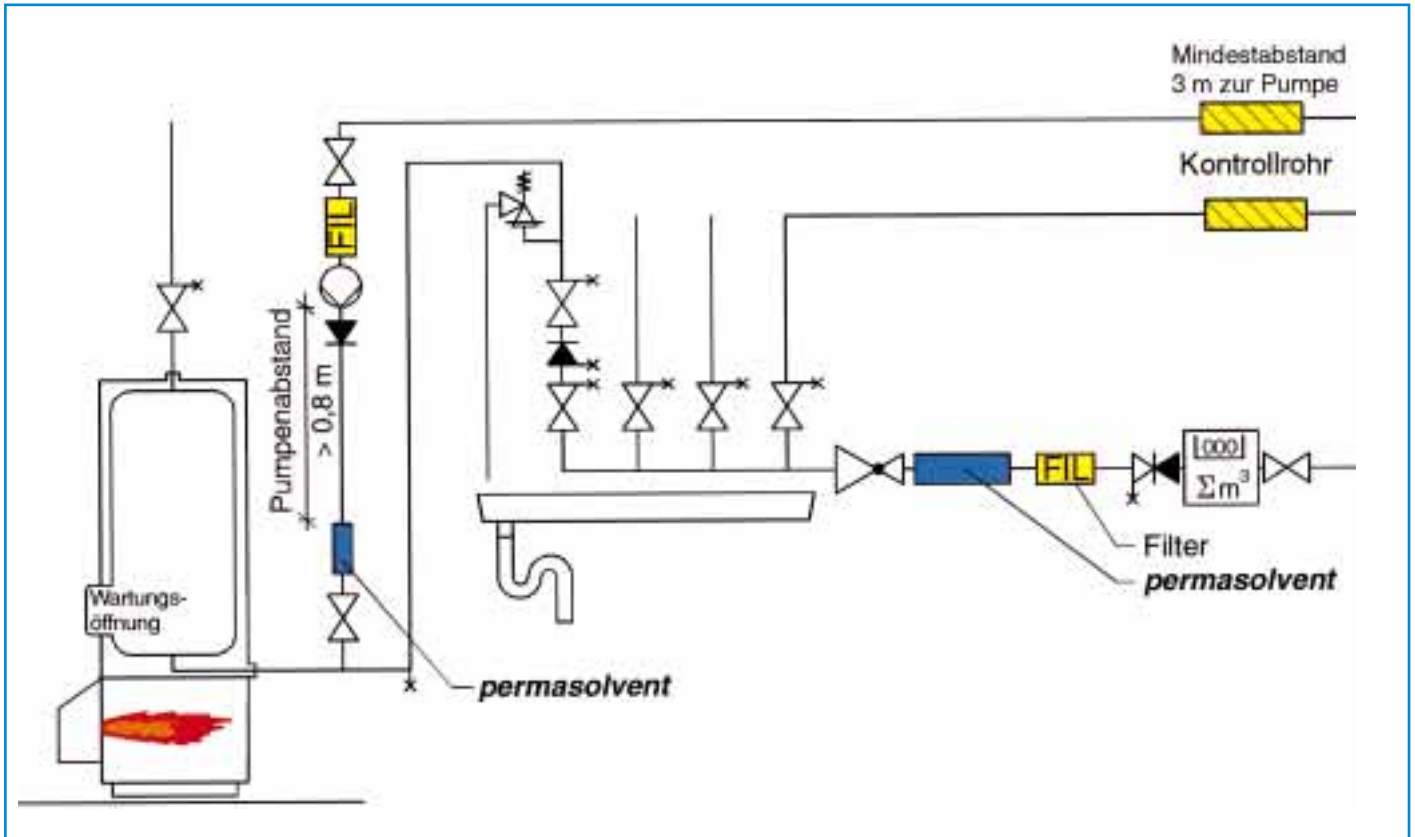


Bild 9 Einbauschema eines permasolvent in die Warmwasserzirkulation

oder auch brechen können. Tatsächlich zeigen Lösungen von Salzen, denen stark strukturfördernde Eigenschaft zugeschrieben werden, auch die höchsten Förderraten. Entsprechend ist die Wassertransportrate bei Salzen mit strukturbrechenden Eigenschaften am kleinsten. Vergleicht man die Meßwerte von den Salzlösungen mit den

Meßergebnissen der magnetfeldbehandelten Wässer, so liegt es nahe, daß die Magnetbehandlung die Wasserstruktur temporär bricht.

Drei Tage bei 20 °C

Mit dem deutlichen Unterschied im Wassertransportverhalten von behandeltem und

unbehandeltem Bodenseewasser kann die Beständigkeit des Behandlungseffektes geprüft werden. Für diese Untersuchung wird zeitgleich, mit und ohne Permasolvent, Wasser entnommen und bei 20 °C in verschlossenen Behältern aus Polyethylen ausgelagert. Im Abstand von 24 Stunden werden Proben entnommen und die transpor-

tierte Menge an Wasser gemessen. In Bild 8 ist das Ergebnis gezeigt. Von unbehandeltem Bodenseewasser werden 3 g/min abgerakelt, während, wie oben schon gezeigt, magnetisch behandeltes Wasser 2,5 g/min liefert. Diese Differenz bleibt bis zu 72 Stunden bestehen, wenn die Lagertemperatur 20 °C beträgt. Nach 96 Stunden ist kein Effekt mehr feststellbar. Wählt man eine höhere Lagertemperatur, baut sich der Behandlungseffekt entsprechend schneller ab, da die zunehmende Wärmebewegung diesem entgegenwirkt. Beobachtungen aus der Praxis bestätigen das Ergebnis. Auch japanische Arbeiten [9] weisen bis zu 120 Stunden Stabilität für diese Wasserveränderung aus. Die Ergebnisse zeigen, daß physikalische Wasserbehandlungsgeräte primär auf das Wasser selbst einwirken und die im Wasser hervorgerufene Veränderung mehrere Tage anhält. Eine Erklärung für diesen „Memoryeffekt“ gibt es zur Zeit noch nicht.

Wirksamkeitsmindernde Faktoren

Temperatur: Der Behandlungseffekt baut sich mit steigender Temperatur schneller ab. Ursache ist die mit der Temperatur zunehmende Wärmebewegung im Wasser, die mit dem Behandlungseffekt konkurriert. Empfehlenswert ist daher eine zusätzliche Warmwassernachbehandlung mit einem zweiten PWG, damit das Wasser, besonders bei großen Speichern, seine physikalische Veränderung nicht verliert. In Bild 9 ist das Einbauschema für einen permasolvent in die Warmwasserzirkulation gezeigt.

Neutralsalzgehalt: Zeigt das Wasser eine hohe Leitfähigkeit ($\kappa > 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$) und

rührt diese Leitfähigkeit nicht gleichzeitig von einem hohen Härtegrad her, so enthält dieses Wasser viele Neutralsalze wie Sulfat, Nitrat und Chlorid. Der Naturwissenschaftler spricht hier von Ionenstärke, deren Einfluß auf die Wasserstruktur bekannt ist. Das Sulfat beispielsweise festigt die Wasserstruktur [10], während die PWG die Wasserstruktur temporär brechen sollen, also ein gegensätzlicher Effekt. In der Praxis findet man oft, daß mit zunehmendem Neutralsalzgehalt das Behandlungsergebnis schwächer wird.

Störfelder: Die technisch verwertbaren Effekte der Wasserbehandlung entstehen durch die Wechselwirkung des Wassers mit geeigneten magnetischen und elektrischen Feldern unter abgestimmten Strömungsbedingungen. Da die Feldstärken zur Wasserbehandlung nicht ungewöhnlich hoch sind und dies auch nicht sein müssen, können logischerweise auch vagabundierende Felder (= Elektromog) ihren Einfluß im Wasser hinterlassen. Potentielle Elektromogquellen sind Pumpen, elektrische Verteilerkästen und parallel zur Rohrleitung verlaufende Stromleitungen. In bestimmten Fällen kann die durch das PWG erfolgte Behandlung regelrecht aufgehoben werden.

Schwerer nachvollziehbar, aber nicht auszuschließen, ist die Ansicht vieler Wünschelrutengänger, daß an sogenannten Kreuzungspunkten die Geräte nahezu wirkungslos werden. Das geomantische Feld an der Kreuzung soll dabei die vom PWG in das Wasser eingebrachte „Information“ löschen. Die Wahrscheinlichkeit, daß gerade dort Geräte plaziert werden, ist allerdings als sehr gering einzustufen.

Die Untersuchungen über die physikalische Behandlung des Wassers und wäßriger Systeme bilden mehr und mehr eine neue Forschungsrichtung. Der Wissenschaftsprozeß gewinnt dabei neue Erkenntnisse durch das „Verweilen bei den Phänomenen“. Nicht das Ausschalten aller Einflüsse ist das Ziel des Experimentators, sondern das Herausarbeiten der Zusammenhänge. Noch sehr viel Forschungsarbeit ist zu leisten, aber in Anbetracht der grundlegenden Rolle des Wassers ist die erfolgreiche Entwicklung derartiger Behandlungsmethoden von größter Bedeutung.

Literatur

- [1] Frahne, D., Physikalische Wasserbehandlung, Gesundheitsingenieur – Haustechnik – Bauphysik – Umwelttechnik 116, 146–153 (1995)
- [2] Ende, D., Permanentmagnetische Wasserbehandlung „Elektrochemische und mikroskopische Untersuchungen zur Bildung von Passivschichten auf Kupfer“ sbz 6, 84–88 (1995)
- [3] Ende, D., Permanentmagnetische Wasserbehandlung, IKZ, 18 94–99 (1995)
- [4] Leiter, K., Walder, G. und Wögerbauer, R., Kristallkeimbildung nachgewiesen, sbz 4, (1996)
- [5] Ende, D., „Mit mobilem Prüfstand vor Ort testen“ sbz 10, 66–68 (1996)
- [6] Kronenberg, K., „Vibrirendes Naß“ sbz 21, 1534–1538 (1989)
- [7] Der Maitron-Prüfstand, Informationsheft von Maitron Chemiefreie Wasserbehandlung GmbH Innsbruck
- [8] DVGW-Arbeitsblatt W 512 „Verfahren zur Beurteilung der Wirksamkeit von Wasserbehandlungsanlagen zur Verminderung der Steinbildung“ Januar 1996
- [9] Higashitani, K. u.a.: Effects of a magnetic field on the formation of CaCO_3 particles. Journal of Colloid and Interface Science 156, 90–95 (1993)
- [10] Luck, W. A. P.: Über die Assoziation des flüssigen Wassers. Fortschr. chem. Forsch. 4, 653–781 (1964) □