

Trinkwasseraufbereitung im Haushalt?

Kalk

April 2007

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:
Umweltschutzverein Bürger und Umwelt

Redaktion:
Fachbereich Wasser", die umweltberatung" NÖ

© "die umweltberatung" Niederösterreich
Vervielfältigung nur mit Genehmigung von "die umweltberatung" gestattet!

Wir danken für die fachliche Unterstützung:
Dr. Gerd Reichel
Linz Service GmbH
Leiter des Instituts für Wasseraufbereitung, Abwasserreinigung und -forschung
Fichtenstr. 7, 4021 Linz
Tel. 0732/3400-6114

Dritte Auflage, April 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Wie kommt der Kalk ins Wasser?	1
1.1	Calcium (Ca)	1
1.2	Magnesium (Mg)	1
1.3	Wasserhärte	1
2	Wirkung	3
2.1	Technische Probleme	3
2.2	Gesundheit	3
2.2.1	Calcium	4
2.2.2	Magnesium	4
3	Grenzwerte	4
3.1	Calcium	4
3.2	Magnesium	4
4	Wie wird Kalk gemessen?	5
4.1	Einfache Untersuchungen	5
4.1.1	Teststreifen	5
4.1.2	Chemikaliensätze	5
4.2	Trinkwasseranalyse im Labor	6
5	Entscheidungshilfen	7
6	Trinkwasseraufbereitung	9
6.1	Prüfzeichen für Enthärtungsgeräte	9
6.2	Chemische Aufbereitung - Ionentauscher	10
6.2.1	Wirkungsweise	10
6.2.2	Geräte	11
6.2.3	Kosten für einen Einzelhaushalt	12
6.2.4	Wartung	12
6.2.5	Bezugsquellen	12
6.3	Dosierpumpen	12
6.4	Physikalische Wasseraufbereitungsgeräte	12
6.4.1	Wirkungsweise	13
6.4.2	Kosten für einen Einzelhaushalt	14
6.4.3	Wartung	15
6.4.4	Bezugsquellen	15
7	Legionellen	15
8	Tipps für KonsumentInnen	17
9	Literatur	1

1 Wie kommt der Kalk ins Wasser?

Die härtebildenden Stoffe Calcium und Magnesium stammen hauptsächlich aus dem Boden. Wasser löst beim Durchdringen unterschiedlicher Gesteins- oder Bodenschichten Calcium- und Magnesiumverbindungen. Je mehr Kohlensäure im Wasser ist (je saurer es ist), desto mehr Calcium und Magnesium kann aus den Gesteinen oder Böden herausgelöst werden. So enthält Regenwasser sehr wenig Magnesium und Calcium, weil es weder mit Boden (Humus) noch mit Gesteinen in Berührung gekommen ist (weiches Wasser).

1.1 Calcium (Ca)

Calcium zählt zu den fünf häufigsten Elementen der Erdkruste. In Form von Kalk (Calciumcarbonat) und Dolomit (Calcium-Magnesium-Carbonat) ist es am Aufbau von Gebirgen beteiligt. Sehr viele Silikate und Tonminerale enthalten Calcium. Calciumcarbonat (CaCO_3) kann in der Natur in unterschiedlichen Kristallisationsformen auftreten. Zwei wichtige Formen sind Calcit und Aragonit.



Abbildung 1: Kristallform (von Calcit (CaCO_3))

Quelle: <http://www.a-m.de/deutsch/lexikon/mineral/carbonate>



Abbildung 2: Kristallform von Aragonit (CaCO_3)

Quelle: <http://www.a-m.de/deutsch/lexikon/mineral/carbonate>

Calcium zählt zu den mengenmäßig wichtigsten Wasserinhaltsstoffen. Es ist fast in allen Gewässern vorhanden. Die natürlichen Konzentrationen schwanken sehr (zwischen einigen mg/l^1 und mehreren 100 mg/l).

1.2 Magnesium (Mg)

Magnesium kommt in der Erdkruste vor. Man findet Magnesium u.a. in Form von Dolomit (Calcium-Magnesium-Carbonat), Magnesit (MgCO_3) und als Silikat in vielen Tonmineralen.

1.3 Wasserhärte

Wasser ist ein kompliziertes Nass. Es enthält eine Vielzahl an Stoffen, die einen Einfluss auf das Kalkabschleiverhalten von Wasser haben.

¹ Milligramm Calcium je Liter Wasser

Die Einheit *Grad deutsche Härte* [°dH] und Begriffe wie *Gesamthärte* bzw. *Karbonathärte* sind durch internationale SI Einheiten² – wie z.B. *Stoffmengenkonzentration* (Millimol pro Liter) ersetzt worden. In der Praxis finden sie jedoch noch immer Gebrauch und werden deshalb näher erläutert:

Ein wichtiger Parameter ist die **Wasserhärte**. Sie gibt Auskunft über die im Wasser enthaltenen Calcium- und Magnesiumionen. Als Maßeinheit für die Wasserhärte werden *Grad deutscher Härte* (°dH) verwendet. Wobei 1°dH einer Menge von 10 mg Calciumoxid (CaO) je Liter Wasser (Calciumhärte) oder 7,2 mg Magnesiumoxid (MgO) pro Liter Wasser (Magnesiahärte) entspricht.

Härtebereiche	Calcium und Magnesiumionen [mmol/l] ³	Grad deutscher Härte [°dH]
weich	bis 1,3	bis 7
mittelhart	1,3 – 2,5	8 – 14
hart	2,5 – 3,8	14 – 21
sehr hart	über 3,8	über 21

Tabelle 1: Härtebereiche, übliches Einteilungsschema

Ion bzw. Molekül	Deutsche Härtegrade [°dH]	Massen-Konzentration ρ (X) [mg/l]	Stoffmengen-Konzentration c (X) [mmol/l]	Equivalent-Konzentration c (1/zX) [mmol/l]
Ca ²⁺	1	7,14	0,18	0,36
Mg ²⁺	1	4,36	0,18	0,36

Tabelle 2: Umrechnung von °dH in SI Einheiten

Die Gesamthärte eines Wassers setzt sich zusammen aus der **temporären Härte**, auch Carbonathärte genannt, und der **permanenten Härte**.

Temporäre Härte

Beim Erwärmen entweicht Kohlendioxid (CO₂) in die Luft, dabei wandelt sich das Calcium- und Magnesiumhydrogencarbonat in Calcium- bzw. Magnesiumcarbonat um. Die unlöslichen Calcium- bzw. Magnesiumcarbonate bleiben in Form von Kesselstein (Kalkstein) z.B. im Teekessel zurück.

² SI-Einheitensystem (frz.: *Système International d'Unités*) oder Internationale Einheitensystem ist das in der Wissenschaft am weitesten verbreitete und in den meisten Staaten gesetzlich vorgeschriebene Maß- und Einheitensystem.

³ Millimol je Liter Wasser

Permanente Härte

Anders als die Carbonate bleiben Calcium- und Magnesiumsulfate und -nitrate beim Erwärmen im Wasser gelöst. Beim Verdunsten allerdings bleiben auch diese Härtebildner als Flecken auf den Fliesen, Armaturen, Duschwänden etc zurück.

Der Gehalt an Calcium- und Magnesiumionen im Wasser ist aber nicht alleine dafür verantwortlich, wie viel Kalkstein abgelagert wird. Weiters entscheidend sind Temperatur, pH-Wert und andere Wasserinhaltsstoffe (z.B. Huminsäuren, Phosphate, Eisen, Zink, Silikate, Sulfate,...) sowie Durchflussgeschwindigkeit und Oberflächenbeschaffenheit von Rohren.

Bei Heizelementen ist die Heizflächenbelastung⁴ eine wichtige Kenngröße. Je höher diese ist, desto mehr Kalk wird abgelagert. Bei elektrisch beheizten Boilern ist die Heizflächenbelastung in der Regel besonders hoch.



Meist kann das Wasserwerk Auskünfte erteilen, in welchem Maß das Wasser zu Kalkablagerungen oder Korrosion neigt.

2 Wirkung

2.1 Technische Probleme

Bei Wasser besteht die Möglichkeit, dass beim Erwärmen Kalk ausfällt, z.B. an Heizstäben von Waschmaschinen, was zu einem höheren Energieverbrauch führt (ca. 10% mehr Strombedarf, wenn die Kalkschicht am Heizstab einen Millimeter beträgt). Gleiches gilt für Kaffeemaschinen, Wasserkocher etc. Beim Verdunsten oder Verdampfen von Wasser können Kalkflecken zurückbleiben, z.B. an Fliesen, an den Düsen des Brausekopfes usw.

Kalkablagerungen im **Heizungskreislauf** brauchen Sie nicht zu fürchten. Da das Wasser nicht erneuert (maximal ab und zu ergänzt) wird, wird kein Kalk nachgeliefert und somit können die Rohrleitungen durch Kalk nicht verlegt werden. Ablagerungen anderer Wasserinhaltsstoffe infolge von Korrosion können durch Wahl eines geeigneten Leitungsmaterials (in Abhängigkeit von der Wasserbeschaffenheit) vermieden werden.

Beispiel: Bei schlecht verzinkten Stahlrohren werden aufgrund unregelmäßiger Korrosion Zinkablagerungen ausgeschwemmt. Das sandartige Zinkgeriesel wird in Perlatoren oder Brauseköpfen abgelagert und oft mit Kalkablagerung verwechselt. Den Unterscheid erkennt man nur unter der Lupe an der Farbe.

2.2 Gesundheit

Wasser mit hohem Gehalt an Calcium- und Magnesiumionen ist aus Gesundheitssicht nicht gefährlich. Calcium wird von vielen Menschen eher in zu geringen Mengen aufgenommen.

⁴ Heizflächenbelastung [W/m²] =) Wärmestromdichte = Wärmemenge je Zeiteinheit pro Flächeneinheit

2.2.1 Calcium

Calcium ist wichtig für den Aufbau von Knochen und Zähnen. Unentbehrlich ist es auch für die Blutgerinnung und die Funktion des Nervensystems. Die WHO⁵ empfiehlt eine tägliche Aufnahme von mindestens 700 mg täglich. Für die "Wohlstandsgesellschaft" werden Werte zwischen 1.000 mg und 1.200 mg täglich empfohlen (deutschsprachige Ernährungsgesellschaften, DACH⁶ Referenzwerte). Ausreichende Calciumzufuhr über die Nahrung ist in Zeiten erhöhten Bedarfs (Wachstum, Schwangerschaft, Stillperiode) in Frage gestellt. Mangelerscheinungen wie z.B. Knochenmissbildungen oder Karies sind möglich.

2.2.2 Magnesium

Magnesium ist beteiligt an zahlreichen Stoffwechselfvorgängen im Körper und wichtig für die Steuerung der Muskulatur und Aufbau der Zähne. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt eine tägliche Aufnahmemenge von 300-400 mg. Normalerweise ist genügend Magnesium in der Nahrung enthalten, allerdings wird die Aufnahme von Magnesium im Körper durch zuviel Fett, Alkohol oder Eiweiß behindert.

3 Grenzwerte

Der Lebensmittel-Kodex (Kapitel B1) legt im Anhang 3 Begrenzungen für einige Stoffe fest, für die es in der Trinkwasserverordnung (TWV BGBl. II 304/2001, in Kraft seit 1. September 2001) keine Mengenvorgaben mehr gibt. Der Lebensmittelkodex ist zwar kein Gesetz, aber er entspricht einem Sachverständigengutachten.

3.1 Calcium

Im Lebensmittel-Kodex ist eine zulässige Höchstkonzentration **im Trinkwasser** von 400 mg/l angegeben allerdings wegen der Geschmacksbeeinträchtigung bei höherem Calciumgehalt und nicht aus gesundheitlichen Gründen.

In der **Trinkwasserverordnung** (TWV, BGBl. II 304/2001, in Kraft seit 1. September 2001) kommt Calcium nicht mehr als Parameter vor.

3.2 Magnesium

Der Lebensmittel-Kodex gibt die zulässige Höchstkonzentration für Magnesium im Trinkwasser mit 150 mg/l angegeben, Der Grenzwert ist auch in Kombination mit Sulfat zu beachten, da Magnesiumsulfat eine abführende Wirkung hat⁷.

In der **Trinkwasserverordnung** (TWV, BGBl. II 304/2001, in Kraft seit 1. September 2001) kommt Magnesium nicht mehr als Parameter vor.

⁵ WHO World Health Organisation, Weltgesundheitsorganisation

⁶ Deutschland, Österreich und Schweiz

⁷ MgSO₄ Bittersalz; Abführmittel

4 Wie wird Kalk gemessen?

4.1 Einfache Untersuchungen

Diese bestimmen nur die Gesamthärte des Wassers. Die Gesamthärte kann lediglich als Schätzwert betrachtet werden, ob Wasser zu Kalkablagerungen neigt oder nicht.



Die Kalkabscheidung aus Wasser ist ein komplexer Vorgang und kann nur durch Laboruntersuchungen abgeschätzt werden. Wichtig ist es zwischen der Kalkausfällung bei Erwärmung und einem bereits im Kaltwasserzustand kalkabscheidenden Wasser zu unterscheiden. Letzteres kommt sehr selten vor.⁸

4.1.1 Teststreifen

Mittels Teststreifen kann das Wasser grob in Härtebereiche eingeteilt werden (siehe Tabelle 1). Bei Kenntnis dieser Härtebereiche kann die Waschmittelmenge gemäß den Herstellerangaben dosiert werden. Weiters kann die Wirksamkeit von Enthärtungsgeräten grob überprüft werden.

Mögliche Messintervalle sind z.B.

- 5-10 °dH,
- 10-15°dH,
- 15-20°dH und
- 20-25°dH

Bezugsquellen:

Drogerien, Apotheken oder Chemikalienfachhandel.

Kosten: (Richtwerte!)

Packung zu:

- 100 Streifen: zwischen € 21,-- und € 43,--
- 50 Streifen: zwischen € 14,-- und € 21,--
- 5 Streifen: ca. € 4,--

4.1.2 Chemikaliensätze

Auch diese Untersuchung gibt keine eindeutige Aussage darüber, ob und in welchem Umfang das Wasser Kalk abscheidende Tendenz besitzt. Die Genauigkeit dieser Untersuchungsmethode ist höher als bei den Teststreifen, der Einsatzbereich für Privathaushalte bleibt aber grundsätzlich der gleiche.

Bezugsquellen:

Größere Drogerien und Apotheken, Chemikalienfachhandel

Kosten: (Richtwerte!)

Chemikalien für ca. 50 Messungen: zwischen € 14,-- und € 29,--

Chemikalien für ca. 150 Messungen: zwischen € 21,-- und € 36,--

Chemikalien für ca. 350 Messungen: zwischen € 58,-- und € 72,--

⁸ Das 'Zuwachsen' von Rohren wird laienhaft z.T. fälschlich einer Kalkablagerung zugeordnet – ist aber durch den gegenteiligen Vorgang einer Korrosion und Ablagerung dieser Korrosionsprodukte bedingt. Auch die Korrosion ist ein komplexer Vorgang und kann durch Untersuchungen in Zusammenschau mit dem jeweiligen Rohrmaterial festgestellt werden. Die Wahl des Rohrmaterials sowie einwandfreie Verarbeitung und Einbau sind wesentliche Einflussfaktoren.

4.2 Trinkwasseranalyse im Labor

Um eine genaue Aussage treffen zu können, ob und in welchem Umfang Wasser dazu neigt, Calcium und Magnesium abzulagern, ist eine Analyse im Labor nötig.

Bei folgenden Stellen können Sie **amtliche Trinkwasseruntersuchungen** in Auftrag geben (Aufzählung nicht vollständig). Bei einigen dieser Einrichtungen können Sie Ihr Wasser auch auf das Kalkabscheideverhalten im Kaltwasser untersuchen lassen.

NUA – Umweltanalytik GmbH

Südstadtzentrum 4
2344 Maria Enzersdorf
Tel. 02236/445 41-0

Austrian Research Centers Seibersdorf (ARCS)

Bereich Chemische Analytik
2444 Seibersdorf
Tel. 050 550-0

AGES⁹ – Lebensmitteluntersuchung und Forschung Wien

Kinderspitalgasse 15
1090 Wien
Tel. 01/404 90-0

Umweltanalytisches Labor

Sachsenplatz 13
1200 Wien
Telefon: 01/33 02 187-0

WSB Labor

Steiner Landstr. 27 a
3504 Krems/Stein
Tel. 02732/776 65

Institut für Wasseraufbereitung, Abwasserreinigung und -forschung (IWA)

Ipfdorferstr. 5-7
4481 Asten
Tel. 0732/34 00-6113

AGES – Lebensmitteluntersuchung Linz

Bürgerstr. 47, PF 114
4021 Linz
Tel. 0732/77 90 710

⁹ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH.



Ergänzend dazu bietet **"die umweltberatung" Trinkwassermessungen für Hausbrunnen** an. Die Untersuchungen stellen keine amtlichen Messungen dar, sondern sollen einen ersten Überblick über die Situation des Brunnens und die Qualität des Wassers geben.



Anmeldungen und Infos:

- **"die umweltberatung" Mostviertel,**
Beratungsstelle Pöchlarn
Tel.: 02757/8520
- **"die umweltberatung" NÖ-Mitte**
Tel.: 02742/743 41
- **"die umweltberatung" NÖ-Süd,**
Beratungsstelle Mödling
Tel. 02236/86 06 64-0
- **"die umweltberatung" Waldviertel**
Tel.: 02822/537 69
- **"die umweltberatung" Weinviertel**
Tel.: 02952/43 44

Gemessene Parameter:

chemisch / physikalisch

Nitrat, Nitrit, Ammonium, Eisen, Mangan, Chlorid, Sulfat, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Gesamthärte, Carbonathärte, Oxidierbarkeit, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Temperatur

bakteriologisch:

koloniebildende Einheiten bei 22 °C und bei 37 °C, coliforme Keime, Escherichia coli und Enterokokken

Kostenbeitrag: 65 Euro (vorbehaltlich Preisänderungen)

5 Entscheidungshilfen



Die Grundlage für eine Entscheidung, ob Wasser aufbereitet werden soll oder nicht, ist immer eine Wasseranalyse. Nur wenn bekannt ist, ob Stoffe im Wasser vorhanden sind, die zu Problemen führen könnten, können konkrete Maßnahmen gesetzt werden.

Grundsätzlich sind folgende Dinge im Zusammenhang mit Kalk im Wasser zu beachten. Ob Kalk im Wasser ausgeschieden wird, ist stark von der **Temperatur** abhängig. Meist kommt es erst ab einer Temperatur von über 60°C zu Kalkausfällungen. In offenen Systemen z.B. Kochtöpfen oder Kaffeemaschinen wird wesentlich mehr Kalk abgeschieden als bei der Erwärmung in geschlossenen Systemen wie z.B. in Boilern.



Erwärmen Sie das Wasser im Boiler oder Durchlauferhitzer nicht über 60°C. Das spart Energie und verringert die Menge an abgelagertem Kalkstein.

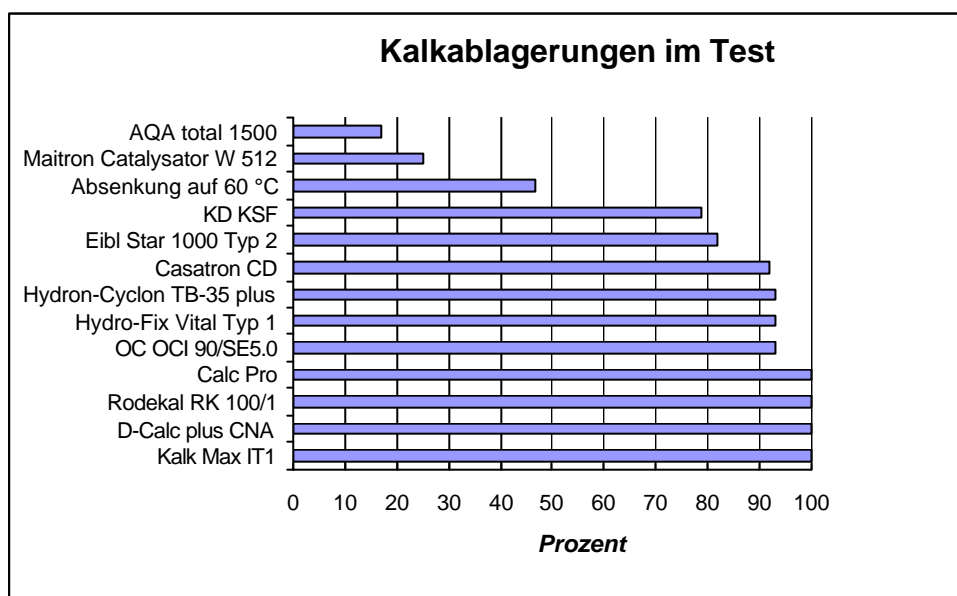


Abbildung 3: Die Balken stellen die Veränderung der Kalkablagerungen durch die jeweiligen Aufbereitungsgeräte dar. 100% entspricht der Kalkmenge, die abgeschieden wird, wenn kein Gerät verwendet wird. Alle Geräte wurden mit 100 Liter Boilern und Betriebstemperatur 80°C getestet. Zusätzlich wurde ein 100 Liter Boiler ohne vorgeschalteter Wasserbehandlung mit 60°C Betriebstemperatur getestet. Diese Absenkung auf 60°C (ohne Wasserbehandlung) reduzierte die Kalkbildung auf 47 Prozent.

Quelle: Konsument 12/99, "Physikalische Wasserbehandlungsgeräte", eigene Darstellung



Das bei **Geschirrspülmaschinen** vorgeschriebene Regeneriersalz sollte unbedingt verwendet werden, da die Betriebstemperatur meist über 65°C liegt. Beachten Sie auch, dass es bei Geschirrspülmaschinen eine Einstellvorrichtung für die jeweilige Wasserhärte gibt. Neuere Modelle stellen sich automatisch ein.

Die **Oberflächenbeschaffenheit und die Heizflächenbelastung** pro Flächeneinheit von Heizstäben haben ebenfalls einen Einfluss darauf, wie viel Kalk sich an dieser Oberfläche anlagert. Raue Oberflächen führen zu mehr Ablagerungen. Auch das Material hat einen Einfluss.



Heißwasserboiler sollen gelegentlich – z.B. mit Essig – entkalkt werden. Bei manchen Geräten können Sie den Heizstab ohne Hilfe des Installateurs ausbauen und reinigen. Der Wärmeverbrauch wird dadurch wieder verringert und außerdem lagert sich an glatten, gereinigten Flächen weniger Kalk ab. Das gleiche gilt für Haushaltsgeräte wie Kaffeemaschinen. Hier ist es besser Zitronensäure statt Essig zu verwenden.



Kaffeemaschine entkalken: Wassertank mit Wasser füllen, 2-3 Esslöffel Zitronensäure (Drogerie, Kaufhaus) dazugeben. Die halbe Wassermenge durchlaufen lassen. Die Kaffeemaschine mindestens eine Stunde abschalten, anschließend das restliche Wasser durchlaufen lassen. Dann zwei Durchgänge mit klarem Wasser nachspülen.

Die **Fließgeschwindigkeit** in den Rohrsystemen und Geräten wie Boilern, Wärmetauschern etc hat einen großen Einfluss auf die Kalkabscheidung. Achten Sie deshalb bei Neuinstallationen auf den Durchmesser der Rohre.

6 Trinkwasseraufbereitung

Das Trinkwasser, das von einem öffentlichen Versorger an Endverbraucher geliefert wird, muss Lebensmittelqualität besitzen. Eine zusätzliche Aufbereitung ist grundsätzlich nicht nötig. Da das Wasser vom Wasserversorgungsunternehmen aber nicht enthärtet wird, kann beim Kunden der Wunsch nach weicherem Wasser entstehen. Da die Anschaffung und der Betrieb eines Aufbereitungsgerätes Geld und Zeit (Wartung) kostet, sollte vorher überlegt werden, ob mit den unter Punkt ? beschriebenen Maßnahmen nicht das Auslangen gefunden wird. Wenn eine Aufbereitung unumgänglich ist, genügt diese meist alleine für den Warmwasserbereich.

6.1 Prüfzeichen für Enthärtungsgeräte

Bescheinigung ausreichender Hygiene und Wirksamkeit:

ÖVGW (Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach)
Schubertring 14,
1010 Wien,
Tel. 1/ 5131588-0,
Fax 1/ 5131588-25

DVGW (Deutsche Vereinigung für das Gas- und Wasserfach)
Tel. +49 (0) 228/ 9188-0
Fax. +49 (0) 228/ 91 88-990
E-Mail: DVGW_e.V.@t-online.de

Bescheinigung ausreichender Hygiene:

SVGW (Schweizer Vereinigung für das Gas- und Wasserfach)
Tel. +41 (0) 1 288 3333
Fax. +41 (0) 1 202 16 33
E-Mail: info@svgw.ch

BAG (Schweizer Bundesamt für Gesundheitswesen)
Tel +41 (0)31 322 21 11
Fax +41 (0)31 322 95 07
E-Mail info@bag.admin.ch

6.2 Chemische Aufbereitung - Ionentauscher

Bei der chemischen Aufbereitung werden die Calcium- und Magnesiumionen im Wasser durch Natriumionen ausgetauscht. Das Wasser wird dadurch enthärtet. Allerdings steigt der Gehalt an Natrium im Wasser an. Da in unseren Breiten Natrium eher in zu großen als in zu geringen Mengen aufgenommen wird (3 bis 7 g je Tag statt empfohlenen 1 g je Tag) ist das nicht unbedingt ein Vorteil. Bei ärztlich verordneter Natrium armer Diät halten Sie Rücksprache mit Ihrem Arzt bevor Sie ein Gerät kaufen.

In der Trinkwasserverordnung (TWV, BGBl. II 304/2001) ist Natrium als Indikatorparameter¹⁰ mit 200 mg/l angeführt. Da je Enthärtung um 1 °dH 8,2 mg Natrium je Liter abgegeben werden, kann das Wasser um maximal 24 °dH enthärtet werden.

Im Lebensmittelcodex Kapitel B1 ist neben den erlaubten Enthärtungsverfahren und Zusatzmitteln auch eine mindest Gesamthärte von 8,4°dH nach dem Ionentauscher sowie der Hinweis "das Wasser sollte nicht korrosiv sein" angeführt.



Nach der Aufbereitung soll das Wasser jedenfalls nicht aggressiv sein, damit keine Stoffe aus den Rohrleitungen gelöst werden können.

Der Installateur hat Sie nach Installation der Enthärtungsanlage über die aufgrund der durchgeführten Wasseranalyse oder aufgrund der Auskunft des Wasserwerkes gewählte Betriebsart (inkl. eingestellter Wasserhärte nach der Verschneideeinrichtung) zu informieren. Ist dies nicht der Fall ist es sinnvoll zumindest einen Härtegrad von 8,4 °dH (Lebensmittelcodex Kapitel B1 Anhang 3.2) einzustellen.

Würde das Wasser nach dem Ionentauscher (0 °dH), nicht mehr aufgehärtet, wäre es nicht nur aggressiv gegenüber Metallrohren, sondern es käme auch dazu, dass Seifen und andere Reinigungsmittel nicht mehr von der Haut abgewaschen werden können. Die Folge sind Hautreizungen.

Beachten Sie: Die Wasserzusammensetzung des gelieferten Wassers kann sich verändern (andere Quelle/Brunnen etc.). Fragen Sie ihr Wasserwerk oder lassen Sie das Wasser in Bezug auf die Enthärtungsanlage vom Fachbetrieb in regelmäßigen Zeitabständen überprüfen.

6.2.1 Wirkungsweise

Das Wasser wird über einen Behälter mit Kunstharz geleitet. Dort werden die im Wasser vorhandenen Calcium- und Magnesiumionen gegen die sich am Kunstharz befindlichen Natrium-Ionen ausgetauscht. Mit der Zeit sind die Kunstharzkügelchen vollständig mit Calcium- und Magnesiumionen besetzt. Der Ionenaustauscher muss regeneriert werden. Das Harz wird mit einer Kochsalzlösung (Natriumchlorid) gespült. Die Natriumionen setzen sich wieder am Harz fest und verdrängen dabei die Calcium- und Magnesiumionen, die zusammen mit dem Chlorid ins Abwasser gelangen.

¹⁰ Indikatorparameter: chemisch oder physikalischer Parameter, bei dessen Überschreitung die Ursachen erhoben werden müssen und geprüft werden muss, ob und welche Maßnahmen zu setzen sind.

6.2.2 Geräte

Die Geräte bestehen aus einem Behälter mit Kunstharz, einem Vorratsbehälter für Kochsalz (Natriumchlorid, NaCl) und einer Steuereinheit. Da das Wasser durch Ionenaustausch auf 0°dH enthärtet wird (fader Geschmack, Metall aggressiv, Hautirritationen), muss dieses Wasser mit härterem Wasser vermischt werden. Meist wird nicht enthärtetes Wasser nach dem Ionentauscher dem enthärteten Wasser zugegeben (Verschneidevorrichtung).

Nicht weiter behandelt werden sogenannte Klein-¹¹ und Tischgeräte¹², die aufgrund der hohen Verkeimungsgefahr eher eine Verschlechterung der Wasserqualität als eine Verbesserung bewirken.

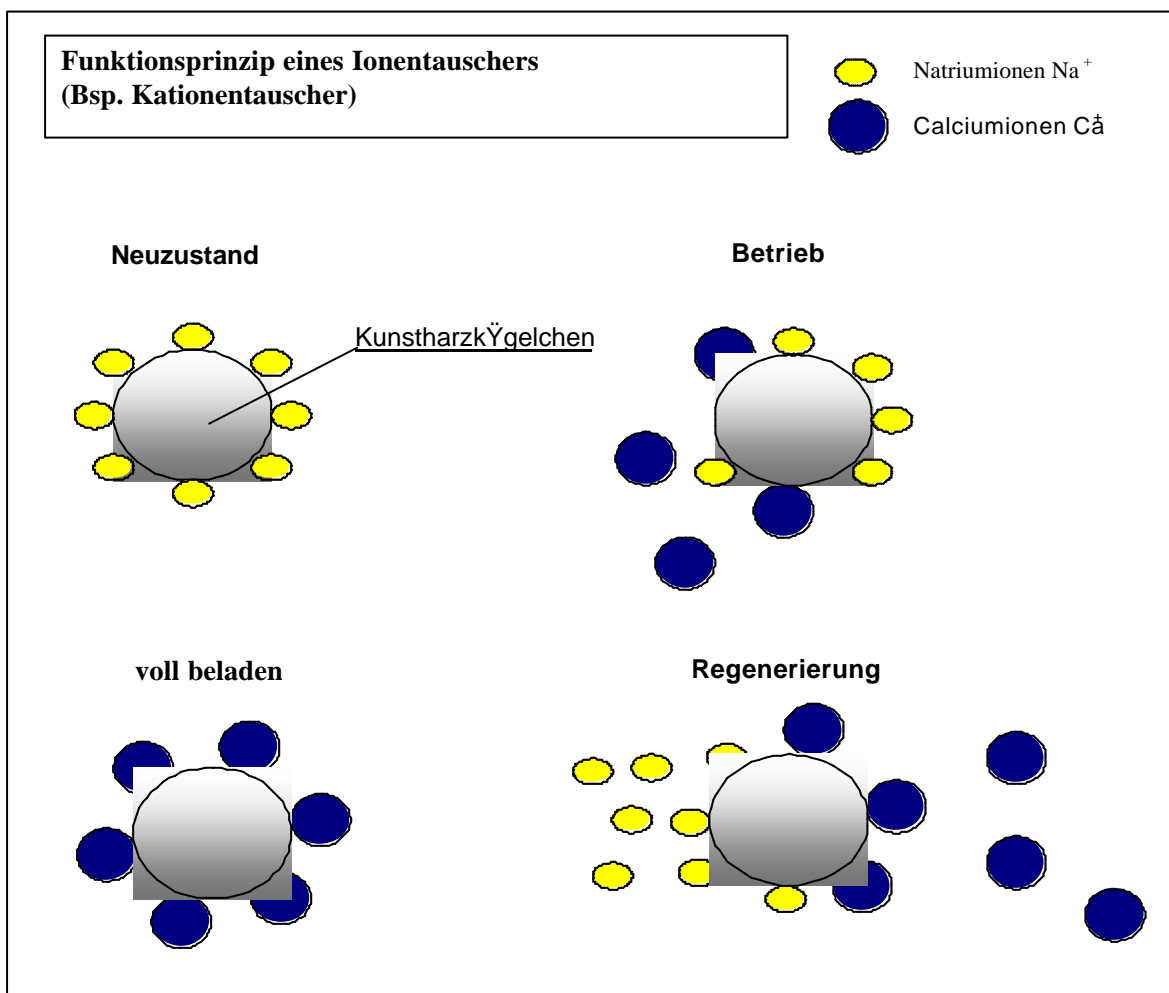


Abbildung 4: Funktionsprinzip eines Ionentauschers

¹¹ werden auf Wasserhahn aufgeschraubt

¹² Gefäße mit aufgesetzten Filterpatronen

6.2.3 Kosten für einen Einzelhaushalt

Der Anschaffungspreis für Ionentauscher liegt zwischen € 720,- und € 2.900,- exkl. Einbau in die bestehende Wasserleitung.

6.2.4 Wartung

Die Wartungsintensität für Ionenaustauscher ist sehr hoch. Nicht ordnungsgemäß gewartete Geräte neigen zu Verkeimungen.



Das Ionenaustauscherharz sollte mindestens einmal pro Woche regeneriert werden. Bei den meisten Geräten geschieht das automatisch (Durchfluss oder Zeit gesteuert). Obwohl bei vielen Geräten inzwischen eine automatische Desinfektion im Zuge der Regeneration erfolgt (z.B. mittels Elektrolyse erzeugtem Chlor) sollen folgende Grundsätze beachtet werden: Der Aufstellort soll kühl (5-10°C) und frostfrei sein. Die Staubbelastung im Raum soll gering sein (Staub enthält Bakterien und dient gleichzeitig als Nährstoffquelle für Bakterien). Staub, der sich auf dem Salzsack gebildet hat, mit einem feuchten Tuch abwischen. Den Salzvorratsbehälter vor dem Nachfüllen mit einem Stück Küchenrolle reinigen. Nur regelmäßige Reinigung und absolute Sauberkeit verhindern die Vermehrung unerwünschter Keime.

6.2.5 Bezugsquellen

Ionentauscher erhalten sie im Fachhandel und bei Installateuren.

6.3 Dosierpumpen

Durch Zugabe einer Phosphatlösung ins Wasser können die Calcium- und Magnesiumionen in Schwebelösung gehalten werden. Die Phosphatlösung verliert aber ihre Wirksamkeit ab einer Gesamthärte von 18°dH oder einer Wassertemperatur über 70°C. Ein Einsatz in privaten Haushalten erscheint deshalb nicht sinnvoll.

Phosphate sind grundsätzlich für Menschen gesundheitlich unbedenklich, bewirken aber in Oberflächengewässern eine Eutrophierung. Weiters begünstigt ein hoher Phosphatgehalt im Wasser das Bakterienwachstum.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit von Dosierpumpen ist der Leitungsschutz bei aggressivem Wasser. Dem Wasser wird z.B. Silikat zugegeben, dieses legt sich an die Innenwände der Rohre und verhindert so Korrosion. Zu diesem Zweck werden Dosiergeräte auch zwischen dem Ionentauscher und der Verschneideeinrichtung eingebaut.

Kosten

Die Anschaffungskosten liegen zwischen € 1.000,- und € 1.200,-.

Die Betriebskosten liegen ca. bei € 72,- pro Jahr für das Phosphat/Silikat. Dazu kommen noch die Kosten für Energie und Wartung des Gerätes.

6.4 Physikalische Wasseraufbereitungsgeräte

Physikalische Wasseraufbereitungsgeräte sind Geräte, die direkt an der Wasserleitung angebracht werden. Je nachdem, ob die Geräte nur auf die Rohre aufgesetzt oder in die bestehenden Rohre eingebaut werden, unterscheidet man sogenannte "Aufrohrmontage" oder "Inrohrmontage".

Seit den 50-er Jahren des 20. Jhdts. werden physikalische Wasseraufbereitungsgeräte angeboten. Den ersten Boom erfuhren diese Geräte Ende der 50-er bzw. Anfang der 60-er Jahre. Für den Markt neu entdeckt wurden sie in den 80-er Jahren und jetzt, zu Beginn des neuen Jahrtausends, finden sich wieder verstärkt Produkte am Markt. Dabei wurden und werden den Geräten außer der Verringerung der abgeschiedenen Menge an Kalkstein zahlreiche andere positive Wirkungen auf das Wasser nachgesagt. So sollen sie nicht nur neue Kalkablagerungen verhindern, sondern auch alte Verkrustungen abtragen und eine Korrosionsschutzschicht ausbilden. Manche Hersteller sprechen auch von einer Entkeimung des Wassers durch diese Geräte. Diese Aussagen konnten aber in wissenschaftlichen Versuchen noch nicht nachgewiesen werden. Die Betreiber nennen meist Aussagen zufriedener KundInnen oder Testergebnisse, die oft nicht reproduzierbar sind oder bei denen die Grundsätze wissenschaftlicher Tests nicht eingehalten wurden (z.B. keine Blindversuche durchgeführt).

Oft hat man das Gefühl, es herrscht ein regelrechter Glaubenskrieg rund um physikalische Wasseraufbereitungsgeräte. "die umweltberatung" hat für Sie einen Überblick über dieses kontroverse Thema zusammengestellt. Unter Punkt 9 finden Sie weiterführende Literatur.

6.4.1 Wirkungsweise

Es gibt eine Vielzahl an Untersuchungen und Erklärungsversuchen zu der Wirkungsweise von physikalischen Wasseraufbereitungsgeräten. Die Ergebnisse und Aussagen sind aber alles andere als einheitlich.

Geht man davon aus, dass zumindest ein Teil der positiven Berichte ernst genommen werden kann, so ist festzustellen, dass eine Wirkung der Geräte nicht völlig ausgeschlossen werden kann.

Magnetische und/oder elektrische Felder sollen laut Hersteller so auf das Wasser wirken, dass die Kristallstruktur des Kalksteines verändert wird. Dadurch soll er sich nicht an der Wäsche, in der Waschmaschine oder in den Rohrleitungen ablagern, sondern mit dem Wasser ausgeschwemmt werden. Die Wasserhärte bleibt dabei aber unverändert. Gleiche oder ähnliche Wirkung sollen Geräte besitzen, die auf elektrolytischen oder galvanischen Mechanismen beruhen.

Eine Hypothese ist, dass diese Felder die Bildung von Kristallisationskeimen (Calciumcarbonat-Kristallkeime) begünstigen. Dadurch soll sich der Kalkstein bei Erwärmung des Wassers an den Keimen und nicht in den Geräten ablagern. Nachgewiesen konnte dieser Effekt bislang noch in keiner Untersuchung werden.

Nach Angaben der Hersteller sollen die diversen Geräte einen Einfluss darauf haben, ob Kalk in Form von Calcit oder Aragonit ausgeschieden wird. Erstaunlich ist, dass einige Geräte die Bildung von Aragonit bevorzugen sollen, der (angeblich) leichter zu entfernen ist. Andere Hersteller geben an, dass Calcit leichter zu entfernen ist. Ein Einfluss von physikalischen Aufbereitungsgeräten auf die auftretende Calciumcarbonatform (Calcit oder Aragonit) konnte in Versuchen nicht nachgewiesen werden. Interessant ist auch, dass sich Aragonit nicht, wie von einigen Firmen behauptet, leichter entfernen lässt als Calcit.

Bei einer Untersuchung, welchen Einfluss reine Magnetfelder auf die abgeschiedene Kalkmenge und Struktur haben, ergab sich folgendes:



Auch bei Verwendung eines starken, stationären Magnetfeldes konnte kein Einfluss auf die abgeschiedene Kalkmenge festgestellt werden. Magnetische Behandlung beeinflusst die Strukturbildung in keinem Fall.

Weitere Ergebnisse von Untersuchungen:

1. Um mit physikalischen Wasseraufbereitungsgeräten eine Wirkung erzielen zu können, muss schon das **Kaltwasser eine Kalk abscheidende Tendenz** besitzen (ab ca. 20°dH Gesamthärte; die Gesamthärte ist aber nicht der einzige Parameter, der entscheidend ist, ob ein Wasser Kalk abscheidend ist oder nicht).
2. Es gibt eine **Vielzahl an Parametern**, die die **Kalkausfällung beeinflussen**:
 - Kalksättigung
 - pH-Wert
 - Wassertrübung
 - Sauerstoffgehalt
 - Magnesiumgehalt
 - Gehalt an organischen und anorganischen Inhibitoren (betreffend Keimzellenbildung)
 - Eisengehalt
3. **Eisengehalt im Wasser**
 Schon ab einer Konzentration von 0,1 mg/l Eisen wird die Kristallmodifikation und die Primärkristallbildung beeinflusst. Außerdem bewirkt das Eisen, dass die Kalkablagerungen weicher werden.

Daraus ableiten lässt sich auch ein **Erklärungsversuch**, warum physikalische Wasseraufbereitungsanlagen gemäß Angaben der KundInnen, manchmal doch wirken:

Durch den Einbau von physikalischen Wasserbehandlungsgeräten (z.B. galvanische Wirkungsweise) kommt es zu einer verstärkten Korrosion, welche die Eisenkonzentration im Wasser erhöht. Für diese Theorie spricht, dass sich damit auch die oft zitierten "weicheren" Kalkabscheidungen erklären lassen. (Kesselstein wird weicher, wenn Eisenoxidhydrate eingelagert sind) [Sebold].



Positive Ergebnisse mit einem Aufbereitungsgerät in einem Haushalt oder Betrieb lassen keine Rückschlüsse auf Wirkung bei Wässern anderer Zusammensetzung bzw. in einem anderen Haushalt/Betrieb zu.

6.4.2 Kosten für einen Einzelhaushalt

Die Schwankungsbreite der Preise für die **Anschaffung** ist beträchtlich. Geräte sind schon ab € 36,- zu bekommen, andere kosten bis zu € 2.470,-.

Die Preisunterschiede sind nicht wirklich erklär- bzw. nachvollziehbar, da auch günstigere Geräte Kalk abscheidende Wirkung besitzen sollen. Nicht eingerechnet sind bei den genannten Werten die Kosten für die Montage und den Einbau.

Über die **Betriebskosten** (Strom, ...) von rein physikalisch wirkenden Geräte liegen keine Angaben vor. Einige Geräte besitzen zusätzlich Kartuschen, Vliese, Kunstharze oder ähnliches. Diese müssen gemäß den Herstellerangaben gewartet und ausgetauscht werden. Kosten je Kartusche: Zwischen € 72,- und € 363,- ca. alle 2-4 Jahre.

6.4.3 Wartung

Bei Geräten mit Kartuschen, Vliesen etc gilt das gleiche wie unter Punkt 6.2.4 erwähnte: Verkeimungsgefahr beachten, Herstellerangaben hinsichtlich Betrieb (Austausch von Geräteteilen) einhalten.

6.4.4 Bezugsquellen

Der Markt für physikalische Aufbereitungsgeräte ist sehr dynamisch. Ständig kommen neue Geräte auf den Markt bzw. werden Firmen gegründet. Informationen zu aktuell erhältlichen Geräten erhalten Sie bei Installateuren oder im Fachhandel.

Empfohlen wird eine Anfrage beim Verein für Konsumenteninformation (VKI) (oder anderen Verbraucherorganisationen), der im Jahre 1999 alle zu diesem Zeitpunkt am Markt befindlichen Geräte getestet hat und die Entwicklung laufend verfolgt.

VKI, Mariahilferstr. 81, 1061 Wien
Tel. 01/588 770
www.konsument.at

Oder Sie sehen unter <http://www.ovgw.at> - Zertifizierung – Verzeichnis – Qualitätsmarke Wasser nach, ob das Gerät ein Prüfzeichen über die Wirksamkeit hat.

7 Legionellen

Bei einer Wassertemperatur zwischen 30°C und 45°C können sich **Legionellen**¹³ im Wasser optimal vermehren. Gefährlich werden nur einige dieser Legionellenarten und zwar nur, wenn sie eingeatmet werden (z.B. feine Wassertröpfchen beim Duschen). Nicht jede Person erkrankt. Ein erhöhtes Risiko haben Personen mit Immunschwäche (z.B. Kranke). Die Erkrankungen reichen von Grippe ähnlichen Symptomen bis zu schweren Lungenentzündungen. Erkrankungen durch Legionellen sind meldepflichtig.

Bauliche Maßnahmen haben neben der Temperatur große Auswirkungen auf die Vermehrung von Legionellen. Dimensionieren Sie im Einfamilienhaus die Warmwasserbehälter und Rohre so, dass der Tagesbedarf (oder weniger) bereitgestellt ist. Vermeiden Sie Leitungen ohne Entnahmestellen (Totstränge). Entnahmestellen sollen regelmäßig gespült - oder eben stillgelegt - werden. Stehendes Wasser begünstigt die Vermehrung von Legionellen.



Kaltwasserrohre sollten gegenüber nahe liegenden Warmwasserrohren gut isoliert werden.

¹³ Bakterienarten die im Wasser von Natur aus vorkommen können

Die Fachmeinungen zu vorbeugenden Maßnahmen im Einfamilienhaus sind noch vielfältig. HygienikerInnen fordern oft so hohe Temperaturen zur Legionellenbekämpfung, dass einige Rohrmaterialien dabei übermäßig korrodieren¹⁴. Zur Zeit wird noch an Leitlinien gearbeitet.

Eine generelle Empfehlung lautet, Warmwasserboiler kontinuierlich bei 60°C zu betreiben und darauf zu achten, dass die Temperaturen im gesamten System nicht unter 55 °C fallen. Bei größeren Warmwassersystemen wird dies durch Zirkulationsleitungen mit richtig eingestellten Zirkulationspumpen, die dauernd in Betrieb sind, erreicht.

Wollen Sie Ihr Warmwassersystem auf Legionellen untersuchen lassen, so wenden Sie sich an die nationale Referenzzentrale für Legionellen (AGES, Institut für medizinische Mikrobiologie und Hygiene) Währinger Straße 25a, 1095 Wien, Tel.: 01 405 15 57. Wenn diese Untersuchungen eine erhöhte Konzentration an Legionellen ergeben, dann werden Sie auch über Möglichkeiten, wie Warmwassersysteme saniert werden können, informiert.

Bei 50°C hört die Vermehrung der Legionellen auf, sie können jedoch weiter existieren. Ab 60°C werden Legionellen in einigen Minuten abgetötet. Ab 70°C sterben sie nach einigen Sekunden. Daher wird eine Temperatur von 65 °C (Spülzeit bei allen Wasserauslässen ca. 5 Minuten) bei der thermischen Dekontamination angewendet – jedoch immer in Zusammenhang mit den technischen Gegebenheiten (Erhebung des Leitungsverlaufes, der Temperaturen, des Warmwasserbedarfes, Speichervolumen, Reinigung von Warmwasserspeichern, Erwärmungsschattenzonen, Oberflächenbeschaffenheit, usw.).



Warmwasserbehälter und Wasserauslässe (Siebe von Wasserhähnen, Brauseköpfe und –schläuche) regelmäßig säubern/entkalken.

¹⁴ Bei verzinkten Stahlrohren besteht beispielsweise ab einer Betriebstemperatur über 60 °C Korrosionsgefahr (Potentialumkehr; ab 60 °C ist Zink edler als Eisen).

8 Tipps für KonsumentInnen

Da eine Wirksamkeit bzw. die Wirkmechanismen der Geräte noch nicht wissenschaftlich fundiert beweisbar sind, birgt der Kauf eines physikalischen Wasseraufbereitungsgerätes ein Risiko.

Wir empfehlen deshalb bei der Anschaffung eines Aufbereitungsgerätes, die Tipps diverser Konsumentenschutzorganisationen zu befolgen:

- Wirkungsgarantie schriftlich verlangen.
- Vor dem Kauf schriftlich festhalten, was das Gerät bezüglich Kalkausscheidung oder Korrosion leisten muss (z.B. keine Kalkflecken mehr auf den Fliesen, ...). Die Wirksamkeit des Gerätes muss in irgendeiner Form eindeutig messbar/bestimmbar sein, da es ansonsten schwer ist, das Gerät zu beanstanden.
- Bezahlung des Gerätes erst, wenn die Wirksamkeit (Funktionsgarantie) eindeutig feststellbar ist.
- Schriftliche Rücknahmegarantie, wenn das Gerät die versprochene Leistung nicht erbringt (inkl. Rückerstattung der beim Einbau entstandenen Kosten).
- Überprüfung der Wirksamkeit des Gerätes:
 - Wer legt fest, ob das Gerät wirkt?
 - Prüfung der Wasserqualität vor und nach dem Einbau vereinbaren.
 - Einbau von Kontrollrohrstücken, die leicht ausbaubar sind. (Altes Rohr zum Vergleich aufbewahren)
 - Boiler vor Einbau des Gerätes entkalken, sodass die Kalkmenge, die sich trotz Enthärtungsgerät absetzt, feststellbar ist.

"Es entspricht der üblichen Praxis in der Branche, dass Hersteller den Einsatzzweck ihrer Geräte ändern, wenn sich herumgesprachen hat, dass sie zur Vermeidung von Kalkstein nicht taugen. Dann dient der Wasserbehandler eben zur 'Wiedergewinnung' verlorengegangener Energieinhalte oder Ähnlichem. Die Frage ob einem solche Wirkungen, die wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden können, 700,- Euro und mehr wert sind, kann nur jeder für sich selbst beantworten." (Konsument 12/99)

9 Literatur

Artikel

- [1] Der österreichische Installateur, 6/1998, Seite 31 ff
- [2] Gas/Wasser/Wärme Nr. 42 (1988): "Physikalische Wasseraufbereitungsgeräte", H. Hofer; Seite 218 f
- [3] gwf-wasser/abwasser 126 (1985): "Untersuchungen zur Wirksamkeit von Geräten zur physikalischen Wasserbehandlung", Ivo Wagner, Michael Schmidt, Seite 519 ff
- [4] gwf-Wasser/Abwasser 130 (1989): "Trinkwasserbehandlung – Anspruch und Wirklichkeit der chemischen und physikalischen Verfahren", Ivo Wagner, Seite 251 ff
- [5] gwf-Wasser/Abwasser 123 (1982): Seite 424
- [6] gwf-Wasser/Abwasser 134 (1993): "Wirkung von magnetischen Feldern auf die Kristallisation von Kalziumkarbonat in wässrigen Systemen", Karlheinz Vogl, Seite 164 f
- [7] gwf-Wasser/Abwasser 137 (1996): Untersuchungen zum Einfluss starker Magnetfelder auf die Kalkabscheidung aus wässrigen Lösungen", Sebold, Franzreb und Eberle, Seite 178 ff
- [8] test, Zeitschrift zu Verbraucherinformationen und Testergebnissen der Stiftung Warentest, Nr. 8/93: "Fauler Zauber?", Seite 78 f
- [9] VDKORR Info Nr. 1/92; Verein Deutscher Korrosionsfachleute; Korrosionsschutz durch "Physikalische Wasserbehandlung"

Bücher

- [10] Institut für angewandte Umweltforschung: "Das Wasserbuch", Katalyse e.V., 1990
- [11] Witassek, Friese: "Ihr Trinkwasser", Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen, 1993
- [12] Konsument extra: "Besseres Wasser zu Hause", VKI, 1999
- [13] Konsument extra: "Sauber Waschen", VKI, 1997
- [14] Häfner Manfred: "Umweltschutz", 1989
- [15] Kölle Walter: "Wasseranalysen – richtig beurteilen", WILEY-VCH Verlag GmbH, 2001
- [16] Klaus Hancke, Stefan Wilhelm: „Wasseraufbereitung – Chemie und chemische Verfahrenstechnik“, Springer Verlag, 2003

Normen

- [17] ÖNORM B 2531, Trinkwasserversorgungseinrichtungen
- [18] ÖNORM M 6254, Enthärtung mit Ionenaustauscher

Richtlinien

- [19] DVGW W 512 "Verfahren zur Beurteilung der Wirksamkeit von Wasserbehandlungsanlagen zur Verminderung von Steinbildung", 1996
- [20] DVGW W 552 "Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellen Wachstums; Sanierung und Betrieb", 1996
- [21] ÖVGW Prüfvorschrift "Physikalische Wasseraufbereitungsgeräte", W35, 1984

Tests

- [22] Konsument, Nr. 9/89: "Physikalische Wasseraufbereitungsgeräte", Seite 3 ff
- [23] Stiftung Warentest, Nr. 8 (1985): "Physikalische Kalksteinverhüter", Seite 83 ff
- [24] Versuche und Stellungnahme der EMPA (Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt): "Physikalische Wasserbehandlungsgeräte", Franz Theiler, Sonderdruck Nr. 1166 Gas-Wasser-Abwasser (1988), Seite 623 ff