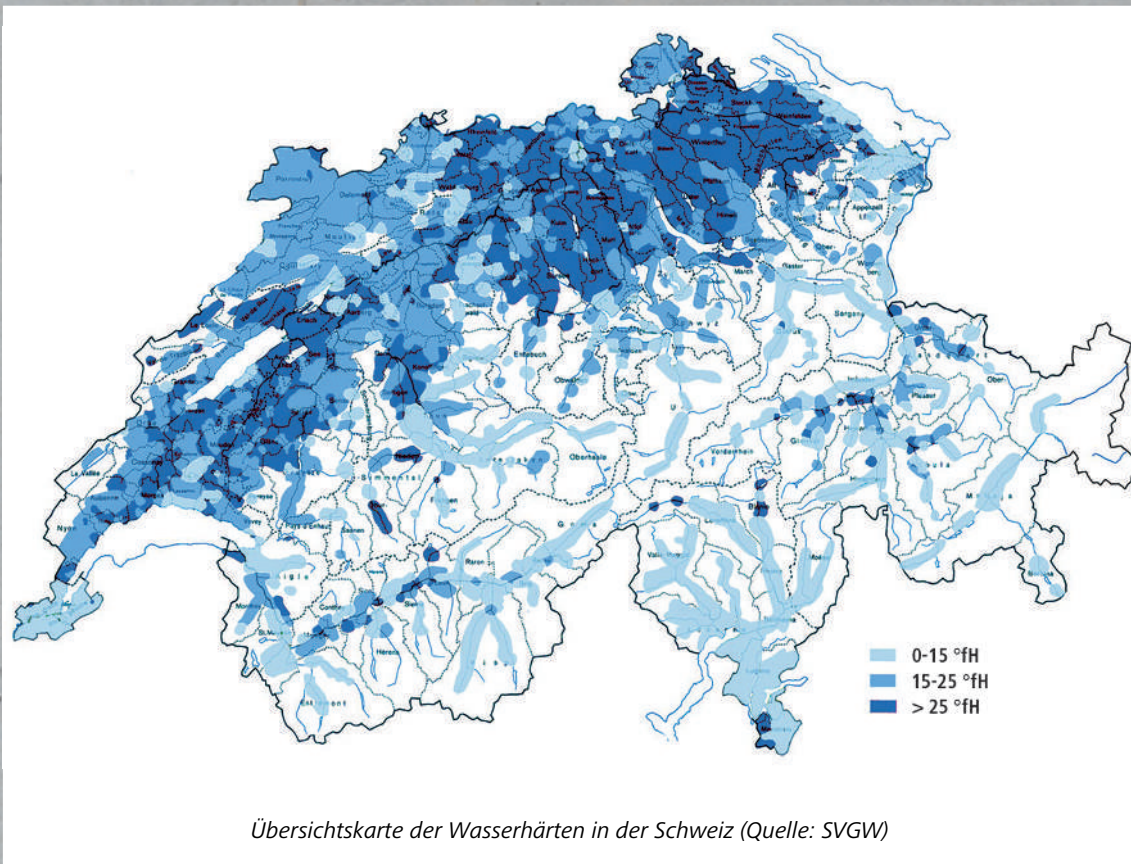


Wasserbehandlung

gültig ab: 12. August 2025



NUSSBAUM_{RN}

Gut installiert Bien installé Ben installato

Themenwelt

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Grundlagen und Anforderungen	5
2.1	Die wichtigsten Parameter von Rohwasser und Trinkwasser	5
2.1.1	Physikalische und chemische Parameter	5
2.1.2	Mikrobiologische Parameter	6
2.1.3	Organoleptische Parameter	6
3	Wasserhärte	7
3.1	Wie kommt der Kalk ins Wasser	7
3.2	Härtestufen von Wasser	8
3.2.1	Umrechnung für die Einheiten der Wasserhärte	8
3.3	Notwendigkeit von Wasserenthärtung	9
3.3.1	Vorteile von enthärtetem Trinkwasser	9
3.3.2	Nachteile von enthärtetem Trinkwasser	9
4	Verfahren zur Wasserbehandlung	10
4.1	Übersicht	10
4.2	Ionenaustausch	11
4.2.1	Enthärtung	11
4.2.2	Teilentsalzung	12
4.2.3	Vollentsalzung	13
4.2.4	Elektrodeionisation	14
4.3	Membrantechnologie	15
4.3.1	Funktionsprinzip	15
4.3.2	Einsatzbereiche Aktivkohlefiltration	15
4.3.3	Einsatzbereiche Mikro- Ultra- und Nanofiltration	15
4.3.4	Umkehrosmose	16
4.4	Physikalische Verfahren	17
4.4.1	Funktionsprinzip	17
4.4.2	Einsatzbereiche	17
4.5	UV-Bestrahlung	18
4.5.1	Funktionsprinzip	18
4.5.2	Einsatzbereiche	18
4.6	Esoterische Verfahren	18
4.7	Vergleich chemisch-physikalischer Parameter behandelter Wässer	19
5	Materialeinsatz Nussbaum Produkte	20
5.1	Optiarmatur	20
5.1.1	Trinkwasser	20
5.1.2	Nachbehandeltes Wasser	20

5.2	Optipress-Aquaplus.....	21
5.2.1	Trinkwasser	21
5.2.2	Nachbehandeltes Wasser	21
5.3	Optiflex	22
5.3.1	Trinkwasser	22
5.3.2	Nachbehandeltes Wasser	22
6	Wasserenthärter.....	23
6.1	Funktionsprinzip.....	23
6.1.1	Ionenaustausch schematisch.....	24
6.2	Informationen zur Auslegung der Wasserenthärtergrösse	25
6.2.1	Nussbaum Tools	26
6.3	Rechtliche Vorgaben und Empfehlungen zur Wasserenthärtung	26
6.4	Nussbaum Empfehlungen zur Einstellung der Resthärte.....	26
6.5	Überprüfung des Natriumgehalts in Trinkwasserinstallationen	27
6.5.1	Herleitung des Natriumverbrauchs pro °fH	27
6.5.2	Berechnung der Einstellung der Resthärte	28
6.6	Eindämmung der Verkeimung	30
6.7	Aufstellungsort.....	30
6.8	Einbau	30
6.9	Kontrolle und Unterhalt	30
6.9.1	Amtliche Kontrollen.....	30
7	Weiterführende Informationen.....	31

1 Einleitung

Chemisch reines Wasser kommt in der Natur nicht vor. Die chemischen, physikalischen und mikrobiologischen Eigenschaften von Wasser sind abhängig von der Herkunft und der Vorbehandlung und weisen zum Teil erhebliche Unterschiede auf.

Die Wasserbehandlung ist ein Verfahren, bei dem diese Eigenschaften zielgerichtet verändert werden, damit das nachbehandelte Wasser den Anforderungen bestimmter Anwendungen entspricht.

Das Rohwasser muss vor der Aufbereitung bezüglich seiner Herkunft, Inhaltsstoffe und Qualität beurteilt werden. Aufgrund dieser ganzheitlichen Beurteilung können Anlagen und Verfahrensketten zur Wasserbehandlung sinnvoll an die Erfordernisse angepasst werden. Die Verfahren werden nach ihrer Funktion aufgeteilt in Verfahren zur Vorbehandlung, Filtration, Desinfektion/Oxidation sowie weitergehende Behandlungen des Rohwassers.

Trinkwasser wird je nach Einsatzbereich auf unterschiedliche Arten nachbehandelt. Von Enthärtung und Teil- und Vollentsalzung bis zur Erzeugung von Reinstwässern für die Pharmaindustrie und Labore.

Einen hohen Stellenwert in der Trinkwassernachbehandlung hat die Enthärtung. Dabei wird das Trinkwasser z. B. durch Ionenaustausch von den Härtebildnern Ca^{2+} und Mg^{2+} befreit. Die im Wasser gelösten elektrischen Ladungsträger werden entfernt bzw. ausgetauscht. Das Wasser wird so für den jeweiligen Anwendungszweck brauchbar gemacht.

2 Grundlagen und Anforderungen

2.1 Die wichtigsten Parameter von Rohwasser und Trinkwasser

Wasser besitzt einige variable Parameter im physikalischen, chemischen, mikrobiologischen und organoleptischen Bereich, die sich je nach Wasserart und -nutzung in bestimmten Bereichen bewegen müssen. Die Beeinflussung dieser Parameter ist Gegenstand der Wasserbehandlung.

Hierbei lässt sich zwischen zwei Bereichen unterscheiden:

- Umwandlung von Rohwasser in Trinkwasser
- Nachbehandlung von Trinkwasser

Trinkwasser muss in Bezug auf die oben genannten Parameter bestimmte Vorgaben erfüllen, sodass Rohwasser behandelt werden muss, um es in Trinkwasser zu verwandeln. Trinkwasser ist ein sehr streng reguliertes Lebensmittel, für das eine Vielzahl von Normen und Richtlinien bestehen, sowohl in Bezug auf die öffentliche Versorgung als auch für die Trinkwasserinstallation in Gebäuden.

Umfangreiche Informationen zu den Grundlagen und Anforderungen für die Trinkwasserhygiene, dem Nussbaum Stufenmodell sowie zu allgemeinen Montage- und Planungsrichtlinien sind im Nussbaum Dokument «Themenwelt Trinkwasserhygiene» zu finden, ☞ Themenwelt 299.1.006.

In der Schweiz stammt das Rohwasser für die Trinkwasseraufbereitung aus Grundwasserleitern oder Oberflächengewässern und weist daher sehr unterschiedliche Zusammensetzungen und Eigenschaften auf. Ausgehend von der Qualität des Rohwassers, kann eine Wasserbehandlung von einfacher Desinfektion bis zu mehrstufigen Aufbereitungsketten erforderlich sein. Bei hochwertigem Grundwasser kann auf eine Aufbereitung u. U. sogar verzichtet werden.

Für bestimmte Anwendungen müssen die oben genannten Parameter ganz spezifisch beeinflusst werden, sodass eine Nachbehandlung des Trinkwassers aus der öffentlichen Versorgung notwendig ist. So wird z. B. für viele Anwendungen enthärtetes Wasser benötigt, dessen Karbonhärte noch unter derjenigen aus dem öffentlichen Versorgungsnetz liegt.

2.1.1 Physikalische und chemische Parameter

Parameter	Normwert	Mass-einheit	Erläuterung/Vorgaben
Temperatur	8 ... 15	[°C]	• Temperatur für Kaltwasser in einer Trinkwasserinstallation max. 25 °C • Temperatur für Warmwasser in einer Trinkwasserinstallation min. 55 °C
pH-Wert	6.5 ... 8	–	• pH < 7: Sauer (Überschuss an Wasserstoffionen H⁺) • pH > 7: Alkalisch (Überschuss an Hydroxidionen OH⁻) • pH = 7: Neutral (Gleichgewicht Wasserstoff- und Hydroxidionen)
Elektrische Leitfähigkeit	200 ... 800	[µS/cm]	Gibt Auskunft über die Konzentration der im Wasser vorhandenen gelösten Stoffe. 400 µS/cm entsprechen etwa 200 mg gelöster Stoffe pro Liter.
Kalziumgehalt Ca²⁺	40 ... 125	[mg/l]	Der Kalziumbedarf des Menschen beträgt ca. 200 ... 800 mg pro Tag. Überschüssiges Kalzium wird vom Körper ausgeschieden.
Magnesiumgehalt Mg²⁺	5 ... 30	[mg/l]	Der Magnesiumbedarf des Menschen beträgt ca. 350 ... 400 mg pro Tag. Überschüssiges Magnesium wird vom Körper ausgeschieden.
Natriumgehalt Na⁺	1 ... 50	[mg/l]	Der Natriumbedarf des Menschen beträgt ca. 1000 ... 2000 mg pro Tag. Überschüssiges Natrium wird vom Körper ausgeschieden.
Gehalt an Schadstoffen, wie z. B. Blei, Sulfate, Nitrate etc.	–	–	Höchstwerte für Trinkwasser im privaten und öffentlichen Bereich werden durch die TBDV in Anhang 2 festgelegt.

Tab. 1: Erfahrungswerte zu den physikalischen und chemischen Parametern für Trinkwasser

2.1.2 Mikrobiologische Parameter

In Rohwasser wie auch in Trinkwasser können sich verschiedene Mikroorganismen befinden, die je nach Art und Menge eine Gesundheitsgefährdung darstellen können.

In der öffentlichen Trinkwasserversorgung gelten strenge mikrobiologische Vorgaben (TBDV, Anhang 1). Das Wasser, das der öffentliche Versorger bis zur Übergabestelle im Gebäude liefert, hat in der Schweiz einwandfreie Qualität, die durch entsprechende Behandlungsverfahren und Kontrollen sichergestellt wird.

Innerhalb des Gebäudes liegt die Verantwortung beim Hauseigentümer oder Betreiber. Sofern dieser Trinkwasser an Endabnehmer (Wohnungsmieter, Angestellte, Kunden etc.) abgibt, ist er ebenfalls verpflichtet, sich an diese mikrobiologischen Vorgaben zu halten. Für private Hauseigentümer gelten hingegen keine verbindlichen Vorgaben.

Ziffer	Produkt	Parameter	Höchstwerte KBE*	Analytische Referenzmethode**	Bemerkungen
1	Trinkwasser				
1.1	an der Fassung, nicht aufbereitet	Aerobe, mesophile Keime	100/ml	EN ISO 6222	Bebrütungstemperatur: 30 °C Bebrütungszeit: 72 Stunden
		<i>Escherichia coli</i>	nn ¹⁸ /100 ml	EN ISO 9308-1	
		Enterokokken	nn/100 ml	EN ISO 7899-2	
1.2	nach der Aufbereitung	<i>Escherichia coli</i>	nn/100 ml	EN ISO 9308-1	
		Enterokokken	nn/100 ml	EN ISO 7899-2	
1.3	im Verteilnetz, aufbereitet oder nicht aufbereitet	Aerobe, mesophile Keime	300/ml	EN ISO 6222	Bebrütungstemperatur: 30 °C Bebrütungszeit: 72 Stunden
		<i>Escherichia coli</i>	nn/100 ml	EN ISO 9308-1	
		Enterokokken	nn/100 ml	EN ISO 7899-2	
1.4	in der Hausinstallation	<i>Escherichia coli</i>	nn/100 ml	EN ISO 9308-1	
		Enterokokken	nn/100 ml	EN ISO 7899-2	

Abb. 1: Auszug aus TBDV:2024, Anhang 1

Eine besondere Bedeutung im Rahmen von Trinkwasserinstallationen im Gebäude kommt den Legionellen zu, die besonders durch Einatmen von Aerosolen zu Erkrankungen führen können. Sie sind fester Bestandteil der natürlichen mikrobiellen Gesellschaft und können durch Aufbereitungs- und normale Desinfektionsverfahren nicht vollständig vermieden werden. Der Temperaturbereich, in dem sich Legionellen vermehren können, reicht von 25 °C bis 45 °C. Neben der Temperatur spielen auch die Installationsmaterialien sowie die Stagnation eine entscheidende Rolle für ihre Vermehrung.

Gemäss SVGW W3/E4 sind im Rahmen des Selbstkontrollkonzepts von Betreibern regelmässige Legionellenbeprobungen durchzuführen. Die SVGW W3/E4 verweist zur Bewertung der Hygienesituation auf die Kontaminationsgrade aus der BAG-/BLV-Legionellen-Empfehlung:

Konzentration <i>Legionella</i> spp. [KBE/l]	Kontaminationsgrad
< 100	Anforderung für Spitäler mit Intensivpflege
< 1000	Keine oder geringe Kontamination
1000 – 10 000	Mässige Kontamination
> 10 000	Starke bis massive Kontamination

Tab. 2: Kontaminationsgrade nach SVGW W3/E4:2021, 10, und BAG-/BLV-Empfehlung «Legionellen und Legionellose», August 2018

2.1.3 Organoleptische Parameter

Organoleptische Parameter können von der menschlichen Sensorik wahrgenommen werden. Sie stehen mit den anderen Parametern in Zusammenhang bzw. ergeben sich aus diesen.

Parameter	Vorgabe
Geruch	Trinkwasser sollte geruchlos sein
Geschmack	Trinkwasser sollte möglichst geschmacklos sein
Farbe	Trinkwasser sollte farblos sein und keine Trübungen beinhalten

Tab. 3: Organoleptische Parameter des Trinkwassers

3 Wasserhärte

Die Wasserhärte ist ein Parameter von besonderer Bedeutung in der Trinkwassernachbehandlung. Hartes Wasser ist sowohl in der Natur als auch in der Trinkwasserversorgung sehr verbreitet.

In der Wasserchemie wird mit Wasserhärte die Konzentration der im Wasser gelösten Ionen der Erdalkalimetalle bezeichnet. Im Wesentlichen tragen Kalzium- und Magnesiumionen zur Wasserhärte bei, da sie schwerlösliche Verbindungen bilden können. Dazu gehören z. B. Karbonate und Hydrogenkarbonate. Kalzium und Magnesium werden pauschal auch als «Härtebildner» zusammengefasst.

Die Gesamthärte des Wassers setzt sich zusammen aus der Karbonathärte (temporäre Härte) und der Nichtkarbonathärte (permanenten Härte).

Die Hydrogenkarbonate von Kalzium und Magnesium bilden die Karbonathärte, die beim Erhitzen des Wassers als Kalkablagerung ausfällt. Die Chloride, Nitrate und Sulfate von Kalzium und Magnesium bilden die Nichtkarbonathärte, die beim Erhitzen des Wassers nicht verändert wird.

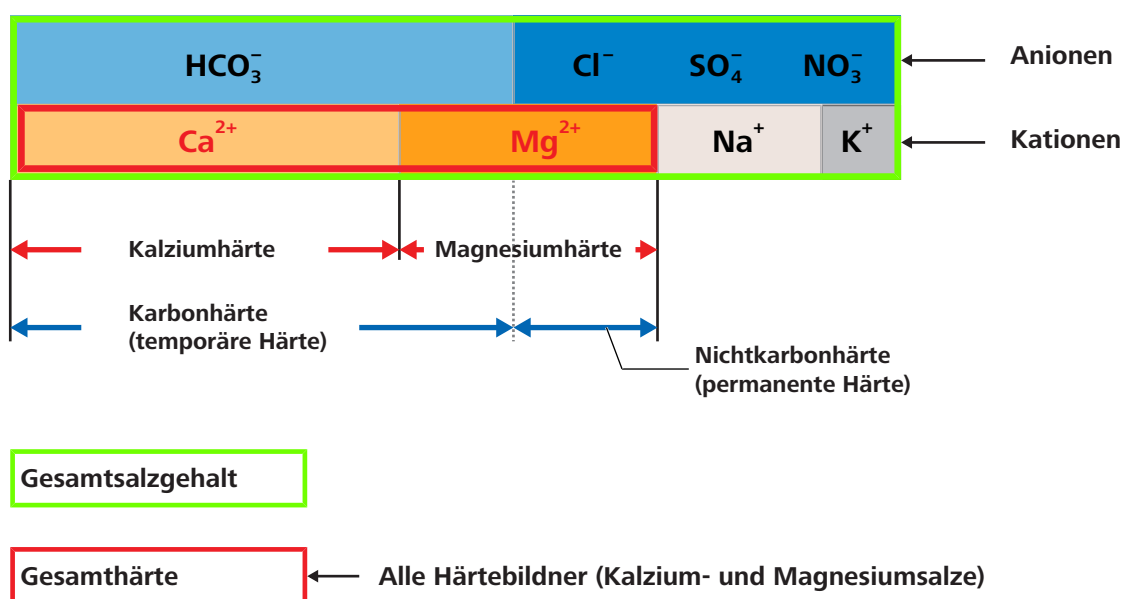


Abb. 2: Wasserhärte und Gesamtsalzgehalt des Wassers



Auskunft zur Wasserhärte in der Schweiz kann bei der zuständigen Wasserversorgung angefragt werden.

3.1 Wie kommt der Kalk ins Wasser

Das Regenwasser reichert sich in der Atmosphäre mit Kohlensäure an. Dadurch werden im Boden Kalksalze gelöst. Je nach Bodenbeschaffenheit kann der Gehalt der gelösten Kalksalze variieren. Das Wasser transportiert diese Verbindungen von Kalk und Kohlensäure z. B. in Form von Kalziumhydrogenkarbonat in die Hauswasserinstallation. Die Konzentration der gelösten Kalksalze im Trinkwasser ist ausschlaggebend für die Wasserhärte.

3.2 Härtestufen von Wasser

Nach dem SI-Masssystem wird die Gesamthärte des Wassers in Mol pro Liter (**mol/l**) bzw. Minimol pro Liter (**mmol/l**) angegeben.

In Deutschland und Österreich wurde die Wasserhärte früher in deutschen Härtegraden (**°dH**) gemessen.

In der Schweiz sind die französischen Härtegrade (**°fH**) gebräuchlich.

Gemäss Lebensmittelgesetz wird das Wasser in der Schweiz in 6 Härtestufen eingeteilt:

Bezeichnung	Gesamthärte [mmol/l]	Gesamthärte [°fH]
Sehr weich	< 0.7	< 7
Weich	0.7 ... 1.5	7 ... 15
Mittelhart	1.5 ... 2.5	15 ... 25
Ziemlich hart	2.5 ... 3.2	25 ... 32
Hart	3.2 ... 4.2	32 ... 42
Sehr hart	> 4.2	> 42

Tab. 4: Härtestufen von Wasser gemäss Lebensmittelgesetz

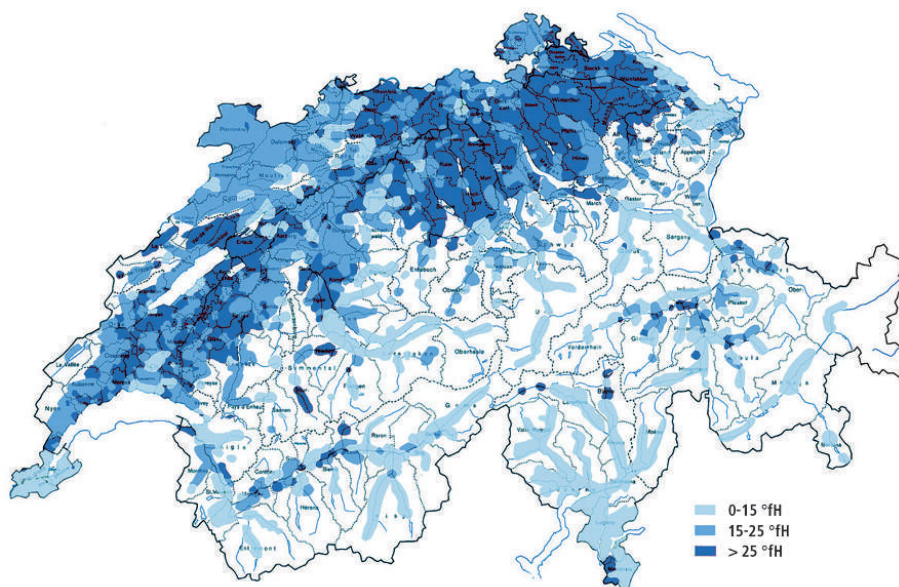


Abb. 3: Übersichtskarte der Wasserhärten in der Schweiz (Quelle: SVGW)

3.2.1 Umrechnung für die Einheiten der Wasserhärte

	mmol/l	°fH	°dH	CaCO ₃ mg/l	CaO mg/l
mmol/l	1	10	5.6	100	56
°fH	0.1	1	0.56	10	5.6
°dH	0.179	1.79	1	17.9	10

Tab. 5: Umrechnungsbeispiel Einheiten Wasserhärte

CaCO₃: Kalziumkarbonat (oder kohlensaurer Kalk) ist ein farbloser, kristalliner Feststoff.

CaO: Kalziumoxid (auch gebrannter Kalk, Branntkalk, ungelöschter Kalk, Kalkerde oder Ätzkalk) ist ein weisses Pulver, das mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung reagiert.

3.3 Notwendigkeit von Wasserenthärtung

Unter Wasserenthärtung versteht man die Entfernung von im Trinkwasser gelösten Kalzium- (Ca^{2+}) und Magnesiumionen (Mg^{2+}).

Wasser, als Lebensmittel betrachtet, bedarf keiner Enthärtung. Die im Wasser gelöste Kalzium- und Magnesiumionen (Härtebildner) gehören zu den Mineralstoffen, die für den Menschen unbedenklich und sogar lebensnotwendig sind.

Hartes Trinkwasser wird geschmacklich oft als besser eingestuft als weiches Wasser. Dafür hat weiches Wasser aber die Fähigkeit, die Geschmackstoffe aus Kaffee und Tee besser herauszulösen.

Für viele andere Verwendungszwecke kann sich allerdings hartes Wasser als nachteilig erweisen. Die Härtebildner können überall dort stören, wo das Wasser mit alkalischen Stoffen, insbesondere mit Seifen, in Berührung kommt, oder dort wo es erwärmt, verdampft oder verdunstet wird.

Es werden immer mehr Maschinen und Geräte mit verfeinerter, aber auch empfindlicher Technik eingesetzt. Viele benötigen enthärtetes Wasser.

Die Hauptursache der Kalkablagerungen liegt darin, dass durch die Erwärmung des Wassers das natürliche Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht verändert wird und dadurch Kalziumkarbonat in Form von hartem Kalkstein an den wärmsten Stellen ausfällt. Je höher die Temperatur, desto mehr Kalk wird ausgefällt. Gleichzeitig kann auf hohe Temperaturen aus hygienischen und gesundheitlichen Gründen nicht verzichtet werden, da bei zu niedriger Temperatur die Gefahr der Vermehrung von Bakterien, z. B. Legionellen, zunimmt.

3.3.1 Vorteile von enthärtetem Trinkwasser

Die wichtigsten Vorteile von enthärtetem Trinkwasser sind:

- Schutz vor Kalkinfarkt in Rohrleitungen
- Schutz vor Energieverlusten im Wassererwärmer
- Schutz vor Kalkablagerungen im Bad, auf Fliesen und auf sanitären Komponenten
- Vorbeugung von Störungen durch Kalkablagerung bei Haushaltsgeräten
- Verlängerung der Lebensdauer von Haushaltsgeräten
- Vermeidung kostenintensiven Reparaturen
- Schutz vor Kalkablagerungen bei Gläsern und Geschirr
- Einsparung von Wasch- und Spülmitteln (bis zu 50 %)
- Schutz vor rauer Wäsche und brüchigen Fasern durch Kalkseifen
- Positive Wirkung auf Haut und Haare bei der Körperpflege
- Intensiverer Kaffee- und Teegeschmack

3.3.2 Nachteile von enthärtetem Trinkwasser

Zu den wichtigsten Nachteilen von enthärtetem Trinkwasser zählen:

- Gefahr von Korrosion bei verzinkten sowie bei Kupferleitungen. Durch den Entzug von Kalzium und Magnesium wird freie überschüssige (aggressive) Kohlensäure freigesetzt.
- Geschmackliche Veränderung des Wassers
- Gefahr von Verkeimung des Trinkwassers bei unsachgemäßem Unterhalt der Enthärtungsanlage
- Umweltbelastung durch zusätzlichen Anfall von unerwünschten Salzen im Abwasser beim Regenerationsprozess des Ionenaustauscherharzes
- Laufende Betriebskosten (Strom, Salz, Wartung)
- Zusätzlicher Druckverlust in der Trinkwasseranlage

4 Verfahren zur Wasserbehandlung

4.1 Übersicht

Wasser in technischen Anwendungen stammt üblicherweise aus dem öffentlichen Trinkwassernetz und ist bereits umfangreichen Wasseraufbereitungsverfahren unterzogen worden. Das Trinkwasser aus dem öffentlichen Versorgungsnetz wird streng kontrolliert und wird als klare farblose Flüssigkeit, frei von störenden Gerüchen und schädlichen Bakterien oder Substanzen, jedoch angereichert mit lebenswichtigen Mineralien und Salzen geliefert. Dieses Wasser besitzt Lebensmittelqualität, d. h. es entspricht den Anforderungen des Lebensmittelgesetzes (LMG), kann aber für technische Anwendungsbereiche u. U. ungeeignet sein.

Das von der Netzbetreiberin gelieferte Trinkwasser kann entsprechend seines Verwendungszwecks nachbehandelt werden.

Für eine Trinkwassernachbehandlung müssen folgende Kriterien immer berücksichtigt werden:

- Die Zweckbestimmung des Wassers
- Die chemischen und mikrobiologischen Anforderungen
- Die Betriebsbedingungen
- Die Wassertemperatur
- Die Werkstoffe für die Leitungen und die Apparatur
- Die Gesetze, Normen und Richtlinien

Bei den einzelnen Trinkwasseraufbereitungsverfahren muss auf folgende Faktoren geachtet werden:

- Das im Versorgungsgebiet verteilte Trinkwasser kann in der Härte und Zusammensetzung Schwankungen unterliegen.
- Bei der Zugabe von chemischen Mitteln müssen die gesetzlichen Bestimmungen eingehalten werden.

Mögliche Verfahren zur Wasserbehandlung sind:

Ionenaustausch	• Enthärtung • Teilentsalzung (Entkarbonisierung) • Vollentsalzung • Elektrodeionisation
Filtration (Membrantechnologie)	• Aktivkohlenfiltration • Mikrofiltration • Ultrafiltration • Nanofiltration • Umkehrosmose
Physikalische Verfahren	• Magnete • Kalkwandler • Elektrodynamische Wasserbehandlung • Wasserbehandlung durch Zugabe von Kohlendioxid (z. B. mit CalcFree)
UV-Bestrahlung	• Desinfektion
Alternative/esoterische Verfahren	• Grander® Wasserbehandlung • Wasserbelebung, Levitierung • Beimpfung mit Wässern aus besonderen Quellen (z. B. Lourdes)

Die behandelten Wässer weisen je nach Verfahren unterschiedliche chemische, physikalische und mikrobiologische Eigenschaften auf, die in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführt werden. Bei den verwendeten Materialien sind die Hinweise und Einschränkungen zu den einzelnen Einsatzbereichen zu beachten.



Angaben zum Einsatzbereich von Nussbaum Produkten ➔ «Materialeinsatz Nussbaum Produkte», Seite 20.

Fachwissen, Erläuterungen, Lösungsmöglichkeiten oder Zusammenfassungen der Anforderungen können den jeweiligen SVGW-Merkblättern entnommen werden. z. B.:

- Der Einbau von Trinkwassernachbehandlungsanlagen bedarf einer Installationsbewilligung durch die zuständige Netzbetreiberin.
- Bei der Trinkwassernachbehandlung müssen die Bestimmungen der Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung bzw. die Fremd- und Inhaltsstoffverordnung eingehalten werden.
- Der Anlagebesitzer ist verpflichtet die Trinkwassernachbehandlungsanlage gemäss der Verordnung über Trink-, Quell- und Mineralwasser regelmässig zu kontrollieren und zu warten.

4.2 Ionenaustausch

4.2.1 Enthärtung

4.2.1.1 Funktionsprinzip

Die im Wasser gelösten Kalzium- und Magnesiumionen (Ca^{2+} , Mg^{2+}) werden mittels eines stark sauren Kationenaustauschers gegen Natriumionen (Na^+) ausgetauscht. Damit wird in der weiteren Verwendung ein Ausfällen von unlöslichen Karbonaten (Kalk) vermieden.

Das Ionenaustauscherharz wird mittels konzentrierter Natriumchloridlösung (NaCl) regeneriert. Dabei wird so viel Natrium über den Austauscher geleitet, dass dieser die Magnesium- und Kalziumionen wieder frei gibt. Diese werden danach zusammen mit dem überschüssigen Natrium weggespült.

Enthärtungsgrad	< 0.02 mmol/l (nahezu komplett enthärtet)
Gesamtsalzgehalt	6 mmol/l (unverändert)
Elektrischer Leitwert	700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (unverändert)

Tab. 6: *Eigenschaften enthärtetes Wasser*

4.2.1.2 Einsatzbereiche

Enthärtetes Wasser wird in folgenden Bereichen eingesetzt:

Anwendung	Einsatz für Trinkwasser	Einsatz mit Optipress	Einsatz mit Optiflex
• Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser • Autowaschstrassen • Gastronomie (Geschirrspüler, Kaffeemaschinen) • Flaschenwaschanlagen	✓	✓	✓

✓ wird eingesetzt

4.2.2 Teilentsalzung

4.2.2.1 Funktionsprinzip

Die im Wasser gelösten Kalzium- und Magnesiumionen (Ca^{2+} , Mg^{2+}) werden mittels eines schwach sauren Ionenaustauschers gegen Wasserstoffionen (H^+) ausgetauscht. Die Nichtkarbonathärte und die Neutralsalze bleiben unbeeinflusst.

Das Ionenaustauscherharz wird mittels Salzsäure (HCl) regeneriert.

Enthärtungsgrad	Komplett enthärtet
Gesamtsalzgehalt	1 mmol/l (um 10 ... 20 % reduziert)
Elektrischer Leitwert	180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (gesunken)
Aggressivität	Erhöht (durch nicht ausgegaste Kohlensäure)

Tab. 7: *Eigenschaften teilentsalztes Wasser*

Die Teilentsalzung ist das einzige Verfahren, das als **Entkalkung** bezeichnet werden kann. Sie eignet sich besonders gut für Wasser, bei dem das Verhältnis von Karbonathärte zu Gesamthärte bei über 70 % liegt.

4.2.2.2 Einsatzbereiche

Die Teilentsalungsanlage ist sehr wirtschaftlich und eignet sich für grosse Wasserbezüge, deren Dampfqualität nicht den höchsten Ansprüchen genügen muss. Sie ist jedoch anfällig für Änderungen der gelieferten Rohwasserqualität.

Teilentsalztes Wasser wird in folgenden Bereichen eingesetzt:

Anwendung	Einsatz für Trinkwasser	Einsatz mit Optipress	Einsatz mit Optiflex
- Kühltürme - Gastronomie (Geschirrspüler, Kaffeemaschinen) - Getränkeautomaten - Flaschenwaschanlagen	✓	✓*	✗

* nur mit Formstücken und Armaturen aus Edelstahl zugelassen

✓ wird eingesetzt

✗ wird nicht eingesetzt

4.2.3 Vollentsalzung

4.2.3.1 Funktionsprinzip

Alle Ionen im Wasser werden durch mindestens 2 Ionenaustauscherharze (1 Kationenaustauscher und 1 Anionenaustauscher) entfernt. Der stark saure Kationenaustauscher ersetzt alle Kationen durch Wasserstoffionen (H⁺) und verwandelt die Salze in freie Säuren. Dieses säurehaltige Wasser wird mittels eines Rieslers über einen stark alkalischen Anionenaustauscher geleitet. Die mineralischen Säuren werden damit zu Wasser.

Werden der Kationenaustauscher und der Anionenaustauscher in einem Filterbett vermischt, so spricht man von einem Mischbett. Mischbett-Vollentsalzungsanlagen können in aller Regel nicht vor Ort regeneriert werden. Sie werden vorwiegend in Vollentsalzungspatronen im Tausch- oder Mietsystem geliefert. Das erschöpfte Harz wird dann werksseitig in Regenerierstationen voneinander getrennt und mit den entsprechenden Reagenzien regeneriert, desinifiziert und anschliessend wieder in die Patronen verfüllt.

Bei stationären Anlagen mit grösserer Kapazität wird der Kationen- und Anionentauscher jeweils separat in einem Druckbehälter verfüllt. Das Wasser durchströmt dann nacheinander beide Tauschersäulen. Die Regeneration des Kationentauschers erfolgt vor Ort mit einer verdünnten Säure, z. B. Salzsäure, die des Anionentauschers mit einer verdünnten Base, z. B. Natronlauge. Als Polzeifilter kann nachfolgend noch eine Mischbettpatrone angeordnet werden. Bei diesem Verfahren werden erhöhte Sicherheitsanforderungen an das Bedienpersonal und die Sicherheitseinrichtungen gestellt.

Enthärtungsgrad	Nahezu komplett enthärtet
Gesamtsalzgehalt	< 0.01 mmol/l (reduziert)
Elektrischer Leitwert	< 0.2 µS/cm (gesunken)
pH-Wert	> 7 (alkalisch)

Tab. 8: *Eigenschaften vollentsalztes Wasser*

4.2.3.2 Einsatzbereiche

Vollentsalztes Wasser wird in folgenden Bereichen eingesetzt:

Anwendung	Einsatz für Trinkwasser	Einsatz mit Optipress	Einsatz mit Optiflex
• Labor • Pharmabereich • Galvanik • Druckerei • Klimaanlage • Elektronik • Optische Industrie	x	✓*	x

* nur mit Formstücken und Armaturen aus Edelstahl zugelassen

✓ wird eingesetzt

x wird nicht eingesetzt



Nussbaum Produkte sind für Reinstanwendungen oder für den Transport von Medien mit erhöhten Reinheitsanforderungen (z. B. Reinstwasser oder medizinische Gase) nicht geeignet.

4.2.4 Elektrodeionisation

4.2.4.1 Funktionsprinzip

Bei der Elektrodeionisation findet eine Vollentsalzung in Kombination aus Ionenaustausch und Elektrodialyse statt. Vor der Vollentsalzung durch Elektrodeionisation wird das Rohwasser in Vorstufen durch Filtration und Umkehrosmose aufbereitet.

Enthärtungsgrad	ca. 99 %
Gesamtsalzgehalt	Reduziert
Elektrischer Leitwert	< 0.1 µS/cm (gesunken)

Tab. 9: *Eigenschaften entionisiertes Wasser*

4.2.4.2 Einsatzbereiche

Entionisiertes Wasser wird in folgenden Bereichen eingesetzt:

Anwendung	Einsatz für Trinkwasser	Einsatz mit Optipress	Einsatz mit Optiflex
• Labor • Pharmabereich • Galvanik • Gesundheitswesen • Herstellung von Kosmetika • Herstellung von Fotovoltaikmodulen • Spülwasser Oberflächentechnik	x	✓*	x

* nur mit Formstücken und Armaturen aus Edelstahl zugelassen

✓ wird eingesetzt

x wird nicht eingesetzt



Nussbaum Produkte sind für Reinstanwendungen oder für den Transport von Medien mit erhöhten Reinheitsanforderungen (z. B. Reinstwasser oder medizinische Gase) nicht geeignet.

4.3 Membrantechnologie

4.3.1 Funktionsprinzip

Bei der Aktivkohlefiltration werden Geruchs- und Geschmacksstoffe, Schwermetalle, Staub und Chemikalien entfernt.

Dieses Verfahren hat den Nachteil, dass durch die grosse Oberfläche der Aktivkohle eine hohe Verkeimungsgefahr besteht.

Bei der Flächenfiltration werden die Feststoffe an einer dünnen, flächenartigen Filterschicht abgetrennt. Dabei kommen hauptsächlich physikalische Abtrennungsmechanismen zum Tragen. Eine spezielle Form der Flächenfiltration stellen die Membranverfahren dar. Mikro-, Ultra- und Nanofiltration unterscheiden sich in der Funktionsweise nur durch die Porengrösse der Membrane. Je kleiner die Poren sind, umso grösser muss die angelegte Druckdifferenz sein, um das Wasser durch die Membrane zu pressen.

Bei der Mikro- Ultra- und Nanofiltration werden Partikel unterschiedlicher Grösse im Nanometer-Bereich entfernt. Es ist möglich, Wasser so fein zu filtern, dass es nach der Verarbeitung praktisch frei von Feststoffen ist.

Viren und Pestizide werden vor allem mit Ultrafiltrationsmodulen abgeschieden.

4.3.2 Einsatzbereiche Aktivkohlefiltration

Anwendung	Einsatz für Trinkwasser	Einsatz mit Optipress	Einsatz mit Optiflex
• Eigenwasserversorgung • Entfernung von Spurenstoffen	✓	✓	✓

✓ wird eingesetzt

4.3.3 Einsatzbereiche Mikro- Ultra- und Nanofiltration

Art der Filtration	Partikel-grösse	Anwendung	Bemerkung	Einsatz für Trinkwasser
Mikrofiltration	≥ 100 nm	• Lebensmitteltechnik • Pharmabereich • Abwasseraufbereitung • Vorfilter für Umkehrosmose • Filter Hausinstallation	Größte Membranfiltration	✓
Ultrafiltration	≤ 10 nm	• Pharmabereich • Trinkwasseraufbereitung	Entfernt auch kleinste Mikroorganismen wie Viren (Durchmesser > 100 nm), wirkt als Keimbarriere. Gilt als Zukunftstechnologie zur Aufbereitung von Grundwasser und mit Oberflächenwasser penetriertem Quellwasser.	✓
Nanofiltration	≤ 1 nm	• Wasseraufbereitung von Produktionsabwässern	Entfernt chemische Bestandteile wie Arzneimittelrückstände, Huminstoffe, Sulfat, Härtebildner, organische Spurenstoffe (Pestizide) und Schwermetalle	✗

✓ wird eingesetzt

✗ wird nicht eingesetzt



Nussbaum Produkte sind für Reinstanwendungen oder für den Transport von Medien mit erhöhten Reinheitsanforderungen (z. B. Reinstwasser oder medizinische Gase) nicht geeignet.

4.3.4 Umkehrosmose

4.3.4.1 Funktionsprinzip

Der Osmose liegt ein fundamentales Naturgesetz zugrunde, welches besagt, dass sich zwei unterschiedliche Zustände immer ausgleichen wollen. Sind 2 Salzlösungen mit unterschiedlicher Konzentration durch eine halbdurchlässige Membrane (Membrane, welche nur Wasser durchlässt) getrennt, wird in die Lösung mit dem höheren Salzgehalt solange Wasser aus der Lösung mit dem niedrigeren Salzgehalt eintreten, bis der Salzgehalt auf beiden Seiten ausgeglichen ist. Je höher der Konzentrationsunterschied der beiden Lösungen ist, desto stärker ist die Triebkraft der Angleichung. Diese Triebkraft wird als osmotischer Druck bezeichnet.

Bei der Umkehrosmose wird das Wasser mit mechanischem Druck entgegen seiner normalen Diffusionsrichtung durch eine halbdurchlässige Membrane mit ultrafeinen Poren gepresst. Dabei findet ein molekularer Trennungsprozess statt. Alle Fremd- und Schadstoffe werden zurückgehalten und man erhält fast zu 100 % reines Wasser.

Um einen Wasserstrom gegen den osmotischen Druck zu erzeugen, muss Energie in Form des mechanischen Drucks aufgewendet werden.

Enthärtungsgrad	ca. 98 %
Gesamtsalzgehalt	< 0.8 mmol/l (reduziert)
Elektrischer Leitwert	10 µS/cm (gesunken)

Tab. 10: *Eigenschaften Osmose-Wasser*

4.3.4.2 Einsatzbereiche

Osmose-Wasser wird in folgenden Bereichen eingesetzt:

Anwendung	Einsatz für Trinkwasser	Einsatz mit Optipress	Einsatz mit Optiflex
• Labor • Pharmabereich • Gesundheitswesen • Herstellung von Kosmetika • Spülwasser Oberflächentechnik • Herstellung von Fotovoltaikmodulen	✓*	✓**	✗

* nur in Ausnahmefällen sinnvoll, z. B. auf hoher See, oder in Regionen ohne Wasseraufbereitungsanlagen

** nur mit Formstücken und Armaturen aus Edelstahl zugelassen

✓ wird eingesetzt

✗ wird nicht eingesetzt



Nussbaum Produkte sind für Reinstanwendungen oder für den Transport von Medien mit erhöhten Reinheitsanforderungen (z. B. Reinstwasser oder medizinische Gase) nicht geeignet.

4.4 Physikalische Verfahren

4.4.1 Funktionsprinzip

Charakteristisch für physikalische Verfahren der Wasserbehandlung ist, dass sich die chemische Zusammensetzung des Wassers nicht verändert. Die Härtebildner und die Karbonate werden aus dem Wasser nicht entfernt, sondern nur daran gehindert, sich an ungewünschten Stellen abzulagern.

Verfahren	Funktionsprinzip	Bemerkungen
Magnete	Mit Hilfe von elektrischen oder magnetischen Feldern wird die Kalkstruktur verändert und die Kalkablagerung verhindert.	–
Kalkwandler	Das Verfahren beruht auf dem Prinzip der Impfkristallbildung. Der Kalkwandler arbeitet mit einer speziellen Oberfläche, die auf einem kleinen Keramikgranulat hinterlegt ist. Bei Kontakt des Trinkwassers mit dieser Keramikoberfläche bilden sich auf natürliche Weise Impfkristalle. Der im Wasser gelöste Kalk lagert sich bevorzugt an diesen Kalkkristallen an. Dadurch schwimmt der im Wasser befindliche Kalk nur noch mit, bis er bei der Wasserentnahme aus dem Rohrleitungsnetz ausgeschwemmt wird, und fällt nicht mehr aus.	–
Elektro-physikalisch	Das Verfahren wirkt sich direkt auf das Kalk-Kohlensäure-Verhältnis aus. Die Wirkung erfolgt ohne Hilfs- und Zusatzstoffe. Elektrodenpaare regen den Kalk zur Bildung von Kristallen an. Die Kristalle verlieren ihre Fähigkeit, sich an Rohren festzusetzen und werden mit dem Wasserstrom vollständig aus der Installation geschwemmt. Wichtige Mineralien bleiben jedoch im Wasser enthalten.	Nachgewiesener Wirkungsgrad von bis zu 30 %
Mit CO ₂ CalcFree	Eine minimale Menge CO ₂ wird abhängig vom Härtegrad, der Temperatur und dem Wasserverbrauch zum Wasser dazugegeben. Kalk bleibt im Wasser gelöst und fällt nicht mehr aus. Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht kann bis auf eine Warmwassertemperatur von 90 °C angehoben werden.	Durch Überdosierung von CO ₂ lässt sich sogar bestehender Kalkstein langsam abbauen. Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht wird minimal auf die CO ₂ -Überschussseite eingestellt. Das überschüssige CO ₂ ist aggressiv und kann vorhandenen Kalk abbauen, aber auch Korrosion an Kupferleitungen und Formstücken aus Rotguss verursachen.

Wassereigenschaften:

- Keine Veränderung der Wasserzusammensetzung
- Der enthaltene Kalk wird durch Kristallisation in Lösung gehalten.

4.4.2 Einsatzbereiche

Mit physikalischen Verfahren aufbereitetes Wasser wird in folgenden Bereichen eingesetzt:

Anwendung	Einsatz für Trinkwasser	Einsatz mit Optipress	Einsatz mit Optiflex
• Trinkwasseraufbereitung in Ein- und Mehrfamilienhäusern	✓	✓	✓

✓ wird eingesetzt

4.5 UV-Bestrahlung

4.5.1 Funktionsprinzip

Die Bestrahlung mit ultravioletem Licht ist hauptsächlich ein Desinfektionsverfahren. Die Wirkung basiert auf der Beschädigung des Erbguts der Mikroorganismen. Dadurch kommt es zum Verlust der Teilungsfähigkeit. Keime können sich nicht mehr vermehren.

Vorteile:

- Nebenproduktfreie Desinfektion ohne Einsatz von chemischen Mitteln
- Keine Beeinträchtigung von Geruch und Geschmack des Trinkwassers

Nachteile:

- UV-Verfahren bietet keinen Netzschutz. Um eine Wiederverkeimung im Netz zu vermeiden, ist entweder ein biologisch stabiles Wasser oder ein zusätzlicher Netzschutz (Chlor, Chlordioxid) erforderlich.
- UV-Strahlung muss direkt auf die Mikroorganismen einwirken können. Das Wasser darf keine Trübungen aufweisen, die die Mikroorganismen durch Abschattungen schützen können.

4.5.2 Einsatzbereiche

Mit UV-Bestrahlung aufbereitetes Wasser wird in folgenden Bereichen eingesetzt:

Anwendung	Einsatz für Trinkwasser	Einsatz mit Optipress	Einsatz mit Optiflex
• Trinkwasserbehandlung in der Wasserversorgung • Abwasseraufbereitung	✓	✓	✓

✓ wird eingesetzt

4.6 Esoterische Verfahren

Esoterische und rituelle Verfahren sollen verschiedene individuelle Bedürfnisse abdecken. Sie sind durch die klassische Wissenschaft nicht belegt und ihre Anwendung liegt im Ermessen des Benutzers.

In der Regel bergen sie keine Gesundheitsrisiken, sofern eine Verkeimung des Wassers ausgeschlossen wurde.

Bei der Beimpfung mit Wässern aus besonderen Quellen muss jedoch darauf geachtet werden, dass das Impfwasser hygienisch einwandfrei ist, um Gesundheitsrisiken zu vermeiden.

4.7 Vergleich chemisch-physikalischer Parameter behandelter Wasser

Durch einige Verfahren zur Wasserbehandlung wird die Zusammensetzung des Wassers im Vergleich zu Rohwasser verändert. Der Anteil von Magnesium- Kalzium- und Natriumionen sowie von Karbonaten und anderen Salzen ändert sich je nach Wasserbehandlung. Diese Änderungen wirken sich auch auf die elektrische Leitfähigkeit des Wassers aus, die durch die Anzahl der sich frei bewegenden Ionen bestimmt wird.

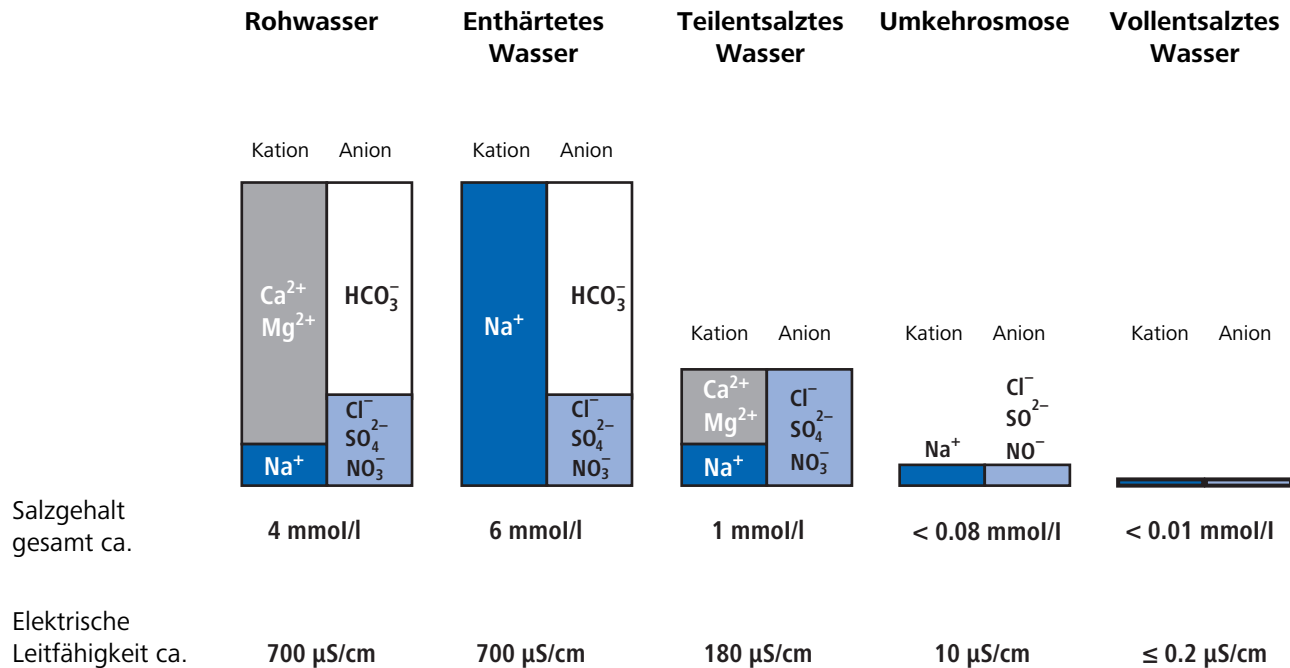


Abb. 4: Chemisch- physikalische Parameter behandelter Wässer im Vergleich

5 Materialeinsatz Nussbaum Produkte

5.1 Optiarmatur

5.1.1 Trinkwasser

Die Optiarmatur Armaturen sind grundsätzlich ausgelegt und zugelassen für die Erstellung von Trinkwasserinstallationen nach der SVGW-Richtlinie W3. Darunter fällt auch enthärtetes Kalt- und Warmwasser.

Grenzwerte und Werkstoffe		
Temperatur max.	[°C]	Gemäss dem jeweiligen Datenblatt
Druck max.	[kPa] (bar)	1600 (16)
Medium		Trinkwasser gemäss schweizerischem Lebensmittelbuch
Werkstoff		- Edelstahl 1.4401 - Rotguss CC499K/CC246E
Dichtelement		EPDM
Hinweise und Einschränkungen		- Der Einbau eines Feinfilters nach dem Wasserzähler wird empfohlen. - Nach Fertigstellung ist die ganze Installation gemäss der SVGW-Richtlinie W3 zu spülen.
Spezialanwendungen		Bewilligung für Zivilschutzbauten gemäss Prüfung vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS. Für Installationen in Zivilschutzbauten ist die Technische Weisung «Schock» zu beachten (Technische Weisungen für die Schocksicherheit von Einbauteilen in Schutzbauten des Zivilschutzes).

Tab. 11: Einsatz von Optiarmatur in Trinkwasserinstallationen

5.1.2 Nachbehandeltes Wasser

Grenzwerte und Werkstoffe		
Temperatur max.	[°C]	Gemäss dem jeweiligen Datenblatt
Druck max.	[kPa] (bar)	1600 (16)
Medium		Enthärtetes Wasser
Werkstoff		- Edelstahl - Rotguss
Dichtelement		EPDM

Tab. 12: Einsatz von Optiarmatur mit enthärtetem Wasser

Grenzwerte und Werkstoffe		
Temperatur max.	[°C]	Gemäss dem jeweiligen Datenblatt
Druck max.	[kPa] (bar)	1600 (16)
Medium		Teilsalzes (entkarbonisiertes), vollentsalztes, entionisiertes, Osmose- und destilliertes Wasser
Werkstoff		Edelstahl
Dichtelement		EPDM

Tab. 13: Einsatz von Optiarmatur mit teilsalzem (entkarbonisiertem), vollentsalztem, entionisiertem, Osmose- und destilliertem Wasser

5.2 Optipress-Aquaplast

5.2.1 Trinkwasser

Das System Optipress-Aquaplast ist grundsätzlich ausgelegt und zugelassen für die Erstellung von Trinkwasserinstallationen nach der SVGW-Richtlinie W3. Darunter fällt auch enthärtetes Kalt- und Warmwasser (☞ «Nachbehandeltes Wasser», Seite 21).

Grenzwerte und Werkstoffe		
Temperatur max.	[°C]	95
Druck max. (Dauerbelastung)	[kPa] (bar)	1600 (16)
Medium		Trinkwasser gemäss Verordnung des EDI (TBDV)
Fittingwerkstoff		- Edelstahl 1.4401 - Rotguss CC499K/CC246E
Dichtelement		EPDM
Rohrwerkstoff		- Edelstahl 1.4521 - Edelstahl 1.4401/1.4404
Hinweise und Einschränkungen		- Massnahmen zur Sicherstellung der Korrosionsbeständigkeit ergreifen. - Der Einbau eines Feinfilter unmittelbar nach dem Wasserzähler wird empfohlen. - Nach der Erstbefüllung ist die ganze Installation gemäss der SVGW-Richtlinie W3 zu spülen.
Spezialanwendungen		Bewilligung für Zivilschutzbauten gemäss Prüfung vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS. Für Installationen in Zivilschutzbauten ist die TW Schock 1995 «Technische Weisungen für die Schocksicherheit von Einbauteilen in Zivilschutzbauten» zu beachten.

Tab. 14: Einsatz von Optipress-Aquaplast-Fittings, -Dichtringen und -Rohren in Trinkwasserinstallationen

5.2.2 Nachbehandeltes Wasser

Grenzwerte und Werkstoffe		
Temperatur max.	[°C]	110
Druck max.	[kPa] (bar)	1600 (16)
Medium		Enthärtetes Wasser
Fittingwerkstoff		- Edelstahl 1.4401 - Rotguss CC499K/CC246E
Dichtelement		EPDM
Rohrwerkstoff		- Edelstahl 1.4521 - Edelstahl 1.4520 - Edelstahl 1.4401/1.4404
Hinweise und Einschränkungen		Bei der Enthärtung von Wasser muss durch Mischen des vollständig enthärteten Wassers mit unbehandeltem Wasser aus der Wasserversorgung sichergestellt werden, dass eine geeignete Resthärte eingestellt wird und die Natriumkonzentration im abgegebenen Trinkwasser den Wert von 200 mg/l (EU-Richtlinie 98/83) nicht übersteigt.

Tab. 15: Einsatz von Optipress-Aquaplast-Fittings, -Dichtringen und -Rohren mit enthärtetem Wasser

Grenzwerte und Werkstoffe		
Temperatur max.	[°C]	110
Druck max.	[kPa] (bar)	1600 (16)
Medium		Teilentsalztes (entkarbonisiertes), vollentsalztes, entionisiertes, Osmose- und destilliertes Wasser
Fittingwerkstoff		Edelstahl 1.4401
Dichtelement		EPDM
Rohrwerkstoff		• Edelstahl 1.4521 • Edelstahl 1.4520 • Edelstahl 1.4401/1.4404

Tab. 16: Einsatz von Optipress-Aquaplast-Fittings, -Dichtringen und -Rohren mit teilentsalztem (entkarbonisiertem), vollentsalztem, entionisiertem, Osmose- und destilliertem Wasser

5.3 Optiflex

5.3.1 Trinkwasser

Optiflex ist ausgelegt und zugelassen für die Erstellung von Trinkwasserinstallationen nach der SVGW-Richtlinie W3.

Grenzwerte und Werkstoffe		
Temperatur max.	[°C]	70
Druck max.	[kPa] (bar)	1000 (10)
Medium		Trinkwasser gemäss schweizerischem Lebensmittelbuch
Verbindungstyp		• Optiflex-Profix • Optiflex-Flowpress
Fittingwerkstoff		Rotguss CC499K/CC246E
Dichtelement		EPDM
Rohrwerkstoff		• Kunststoff flexibel PE-Xc/PB/PE-RT • Kunststoff/Metall formstabil PE-Xc/Al/PE-Xc und PE-RT/Al/PE-RT

Tab. 17: Einsatz von Optiflex-Systemkomponenten in Trinkwasserinstallationen

5.3.2 Nachbehandeltes Wasser

Grenzwerte und Werkstoffe		
Temperatur max.	[°C]	70
Druck max.	[kPa] (bar)	1000 (10)
Medium		Enthärtetes Wasser
Verbindungstyp		• Optiflex-Profix • Optiflex-Flowpress
Fittingwerkstoff		Rotguss CC499K/CC246E
Dichtelement		EPDM
Rohrwerkstoff		• Kunststoff flexibel PE-Xc/PB/PE-RT • Kunststoff/Metall formstabil PE-Xc/Al/PE-Xc und PE-RT/Al/PE-RT

Tab. 18: Einsatz von Optiflex-Systemkomponenten für nachbehandeltes Wasser



Optiflex-Fittings, -Dichtringe und -Rohre sind für den Einsatz mit teilentsalztem (entkarbonisiertem), vollentsalztem, entionisiertem, Osmose- und destilliertem Wasser **nicht zugelassen**.



Wird ausschliesslich der Optiflex-Profix-Übergang 85135 in Edelstahlausführung eingesetzt, sind Optiflex-Installationen auch für den Einsatz mit teilentsalztem (entkarbonisiertem), vollentsalztem, entionisiertem, Osmose- und destilliertem Wasser **zugelassen**.

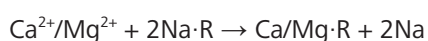
6 Wasserenthärter

Ein häufig eingesetztes Verfahren in der Trinkwassernachbehandlung ist die Enthärtung mit Ionenaustauscher. Dieses Verfahren nutzen auch die Nussbaum Wasserenthärter Aqua Pro-Vita 19051/19053.

6.1 Funktionsprinzip

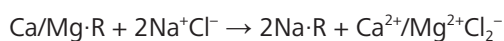
Mit dem Ionenaustausch kann Wasser gezielt aufbereitet werden. Die im Wasser gelösten elektrischen Ladungsträger werden entfernt bzw. ausgetauscht. Das Wasser wird so für den jeweiligen Anwendungszweck brauchbar gemacht. Der Ionenaustausch wird u. a. zur Wasserenthärtung eingesetzt. Die mit Hydrogenkarbonat assoziierten Kalzium- und Magnesiumionen (Härtebildner) werden aus dem Wasser entfernt und durch Natriumionen ersetzt. Natriumverbindungen sind löslicher als Kalzium- und Magnesiumverbindungen und bilden keine schwer löslichen Rückstände. Dieser Vorgang ist reversibel, d. h. das Ionenaustauscherharz kann durch Spülung mit einer konzentrierten Natriumchloridlösung regeneriert werden.

Das harte Wasser durchströmt den Ionenaustauscher:



R = Ionenaustauscherharz

Das Ionenaustauscherharz wird mit einer konzentrierten Natriumchloridlösung (NaCl) regeneriert:



R = Ionenaustauscherharz

Das enthärtete Wasser hat denselben Salzgehalt, dieselbe Karbonat-Konzentration und praktisch dieselbe Leitfähigkeit wie das Hartwasser. Statt der schwer löslichen Kalzium- und Magnesiumhydrogenkarbonate enthält es jedoch Natriumhydrogenkarbonat, das nicht als Kalk ausfällt.

Der stark saure Kationenaustauscher besteht aus einem Granulat bei dem die kugeligen Körner in einer Grössenordnung vom 0.2 bis 1.2 mm vorliegen.

Aktuell wird auch monodisperses Ionenaustauscherharz mit einer perfekten, gleichförmigen Korngrösse von ca. 0.5 mm für die Enthärtung eingesetzt. Die Einheitlichkeit der Korngrösse bewirkt eine grössere spezifische Oberfläche, kürzere Diffusionswege sowie eine höhere Austauschgeschwindigkeit. Die dadurch erzielte bessere Ausnutzung der Kapazität ermöglicht eine Reduktion des Regeneriermittelbedarfs und verbessert das Ausspülverhalten.

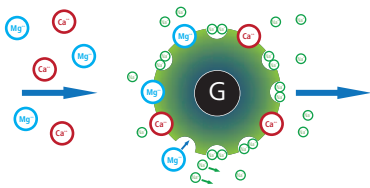
Die Nussbaum Wasserenthärter Aqua Pro-Vita 19051/19053 enthalten monodisperses Ionenaustauscherharz.

Die Aufnahmekapazität des Ionenaustauscherharzes hängt von der Gesamthärte des Rohwassers und der Menge der Ionenaustauscherharze ab. Sobald alle Natriumionen gegen Kalzium- und Magnesiumionen ausgetauscht sind, ist das Ionenaustauscherharz erschöpft.

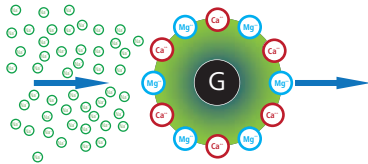
Wichtige Parameter beim Ionenaustauschverfahren:

- 1 Liter Ionenaustauscherharz kann 5 m³ (5000 l) Wasser um 1 °fH enthärten.
- Pro 1° fH/0.1 mmol werden bei der Enthärtung 4.6 mg/l Natrium abgegeben.

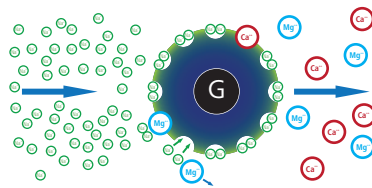
6.1.1 Ionenaustausch schematisch



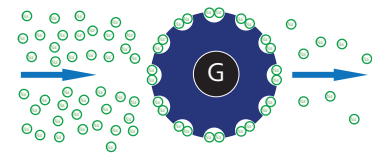
Magnesium und Kalzium treffen auf das Ionenaustauscherharz (G), wobei Natrium verdrängt wird und Magnesium und Kalzium aufgenommen werden.



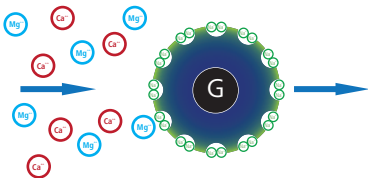
Die Anlage ist erschöpft und die Regeneration wird eingeleitet. Hierfür wird eine Sole (Natriumchlorid) über das erschöpfte Ionenaustauscherharz (G) geleitet.



Natriumionen treffen auf das Ionenaustauscherharz (G). Durch die stark erhöhte Konzentration an Natrium werden die anderen Kationen verdrängt.



Die Regeneration des Ionenaustauscherharzes (G) ist beendet. Nach dem Spülvorgang, der die überschüssigen Natriumionen ausspült, ist die Anlage wieder betriebsbereit.



Das Ionenaustauscherharz (G) kann wieder Kalzium- und Magnesiumionen aufnehmen.

6.2 Informationen zur Auslegung der Wasserenthärtergrösse

Sole:

- Der Salzverbrauch um 1 l Harz zu regenerieren = 120 g NaCl
- Die maximale Solesättigung (Aufnahme von NaCl in einem Liter Wasser bei 20 °C) = 359 g NaCl



Die Dauer bis zur Sättigung ist abhängig vom Druck, der Temperatur und der Art der Benetzung des Salzes. Die maximale Solesättigung ist nach circa 10 bis 12 Stunden Benetzung erreicht.

Die Kapazität des eingesetzten Harzes

Mit der Kapazitätsberechnung kann ermittelt werden, wie viel Harz (V_{Ges}) für eine Wasserenthärtung nötig ist und wie viel Liter Wasser durch den Wasserenthärter gespeist werden können, bis das Harz erschöpft ist.

- 1 Liter Harz kann 5000 Liter Rohwasser um 1 °fH enthärten.

Berechnungsbeispiel zur Auslegung der Wasserenthärtergrösse:

Ausgangslage:

Wasserverbrauch im 4-Personen Haushalt = V_{tot} [l/d]

Durchschnittlicher Wasserverbrauch pro Person und Tag = 142 l/d

Härtegrad des Rohwassers = 35 °fH

Gewünschte Resthärte = 8 °fH

Das ergibt eine Senkung des Härtegrades um 27 °fH

Δ °fH = 27



Gemäss EN 14743 muss spätestens nach 4 Tagen eine Regeneration durchgeführt werden.

$$\frac{V_{\text{tot}} \times 4 \times \Delta^{\circ}\text{fH}}{5000 \text{ l}} = V_{\text{Ges}} [\text{l}]$$

$$V_{\text{tot}} \text{ pro Tag} = 4 \times 142 \text{ l} = 568 \text{ l/Tag}$$

$$V_{\text{tot}} \text{ pro Tag} \times 4 \text{ Tage} \times \Delta^{\circ}\text{fH} = 568 \text{ l} \times 4 \times 27 = 61\,344 \text{ l}$$

$$V_{\text{Ges}} = \frac{61\,344 \text{ l (Wasser)}}{\frac{5000 \text{ l (Wasser)}}{1 \text{ l (Harz)}}} = 12.3 \text{ l (Harz)}$$

Die Harzmenge (V_{Ges}) beträgt **12.3 l**.

Der Wasserenthärter Aquapro-Vita Compact 10 (19051) mit 10 Liter Harzinhalt garantiert einen optimalen Betrieb, bei einem Regenerationszyklus von 3.3 Tagen. Dabei ist auch der Druckverlust beim Spitzendruckfluss über den Wasserenthärter berücksichtigt. Es ist zudem sichergestellt, dass das Harz bei dem angegebenen Regenerationszyklus vollständig erschöpft ist und nicht durch Zwangsregeneration nach 4 Tagen vorzeitig regeneriert werden muss.

6.2.1 Nussbaum Tools

Nussbaum stellt online unter www.nussbaum.ch/planungstools 2 Hilfsmittel zur Verfügung. Für **Wohnbauten** ein Tool zur Auslegung von Wasserenthärtern und für **Spezialbauten** ein Formular mit dem eine Anfrage zur Ermittlung des Wasserenthärter-Typen an Nussbaum gestellt werden kann.

Abb. 5: Tool zur Ermittlung des Wasserenthärter-Typen von Nussbaum

6.3 Rechtliche Vorgaben und Empfehlungen zur Wasserenthärtung

- Bei der Enthärtung des Trinkwassers ist sicherzustellen, dass die Natriumkonzentration den Wert von 200 mg/l (EU-Richtlinie 98/83) nicht überschreitet.
- Die Resthärte sollte nicht zu gering eingestellt werden. Der SVGW empfiehlt eine Resthärte von 7 bis 15 °fH (vgl. SVGW-Merkblatt W10027, Kapitel 9).

6.4 Nussbaum Empfehlungen zur Einstellung der Resthärte

Standardmässig wird die Resthärte auf 8 °fH eingestellt.



Bei Kupferrohren kann enthärtetes Wasser zu Korrosion führen. Deshalb sollte nicht unter 15 °fH enthärtet werden.



Bei verzinkten Installationen sollte die Resthärte nicht zu gering eingestellt werden, damit die Kalkschuttschichten auf der Rohrrinnenwand aufgebaut oder erhalten werden. Nussbaum empfiehlt 15 °fH.

6.5 Überprüfung des Natriumgehalts in Trinkwasserinstallationen

Bei der Enthärtung mit Ionenaustauschern steigt die Natriumkonzentration im Trinkwasser. Der Wert von 200 mg/l (EU-Richtlinie 98/83) darf dabei nicht überschritten werden. Bei höheren Natriumkonzentrationen muss eine Beimischung von unbehandeltem Trinkwasser erfolgen, um den Grenzwert einzuhalten.

Mit folgenden Berechnungen kann die Einstellung der Resthärte sowie der Gesamt-Natriumgehalt ermittelt werden.

6.5.1 Herleitung des Natriumverbrauchs pro °fH

Zur Berechnung von chemischen Stoffmengen wird die SI-Basiseinheit Mol verwendet.

Ein Mol enthält etwa 6.022×10^{23} Teilchen. Diese Zahl ist so definiert, dass 12 g Kohlenstoff genau einem Mol entsprechen.

Das heisst, 1 Mol eines Stoffes angegeben in Gramm hat den gleichen Zahlenwert wie die Atommasse des Stoffes in der Atommasseneinheiten (u). (Die Atommasse von Kohlenstoff beträgt 12 u.)

Bezeichnung	Symbol/Formel	Stoffmenge [Mol]	Molmasse [g]
Kalzium	Ca	1	40
Kohlenstoff	C	1	12
Sauerstoff	O	1	16
Natrium	Na	1	23
Kalziumkarbonat	CaCO ₃	1	100

Tab. 19: Mollmassen verschiedener chemischer Elemente und Verbindungen

Per Definition entsprechen 10 mg/l Gesamthärte (Kalzium- und Magnesiumhärte) einem französischen Härtegrad (1 °fH),  «Umrechnung für die Einheiten der Wasserhärte», Seite 8.

10 mg/l CaCO₃ entsprechen 0.1 mmol/l CaCO₃

Daraus folgt:

0.1 mmol/l CaCO₃ entsprechen 1 °fH.

Für den Ladungsausgleich eines Kalziumions (Ca²⁺) werden 2 Natriumionen (Na⁺) benötigt, d. h. um 0.1 mmol/l Ca²⁺ auszutauschen, werden 0.2 mmol/l oder 4.6 mg/l Na⁺ benötigt.

Daraus folgt:

Um 1 °fH auszutauschen, sind rund 4.6 mg/l Na⁺ erforderlich.

6.5.2 Berechnung der Einstellung der Resthärte

Übersteigt der Natriumgehalt den Höchstwert von 200 mg/l (EU-Richtlinie 98/83), macht sich dies geschmacklich bemerkbar. Bei einer Enthärtung des Trinkwassers muss deshalb ein Mischventil sicherstellen, dass die Resthärte des enthärteten Wassers so eingestellt werden kann, dass die Natriumkonzentration im Trinkwasser den Höchstwert nicht übersteigt.

Bei der Berechnung der Resthärte müssen der Natriumgehalt und die Härte des Rohwassers der Wasserversorgung berücksichtigt werden.

6.5.2.1 Berechnungsbeispiel bei moderatem Natriumgehalt der Wasserversorgung

Ausgangslage:

Natriumgehalt (Grundanteil) = 11 mg/l

Wasserhärte = 35 °fH

Um mit dem Ionenaustauscher die Härte vollständig zu entfernen (0 °fH) wird folgende Natriummenge benötigt:

4.6 mg/l Na pro 1 °fH

$35 \times 4.6 \text{ mg/l Na} = 161 \text{ mg/l Na}$ (Regenerationsanteil)

Natriumgehalt total (Grundanteil + Regenerationsanteil) = 11 mg/l + 161 mg/l = **172 mg/l**

Selbst bei vollständiger Entfernung der Härte liegt der Natriumgehalt unterhalb des von der EU-Richtlinie geforderten Werts. Eine Beimischung von unbehandeltem Trinkwasser ist nicht erforderlich.

Die Resthärte kann optimal zwischen 7 und 15 °fH eingestellt werden.

6.5.2.2 Berechnungsbeispiel bei hohem Natriumgehalt der Wasserversorgung

Ausgangslage:

Natriumgehalt (Grundanteil) = 107 mg/l

Wasserhärte = 37.6 °fH

Um mit dem Ionenaustauscher die Härte vollständig zu entfernen (0 °fH) wird folgende Natriummenge benötigt:

4.6 mg/l Na pro 1 °fH

$37.6 \times 4.6 \text{ mg/l Na} = 173 \text{ mg/l Na}$ (Regenerationsanteil)

Natriumgehalt total (Grundanteil + Regenerationsanteil) = 107 mg/l + 173 mg/l = **280 mg/l**

Der Natriumgehalt überschreitet den von der EU-Richtlinie geforderten Höchstwert um 80 mg/l. Eine Beimischung von unbehandeltem Trinkwasser ist erforderlich.

Ist der Natriumgehalt im Rohwasser der Wasserversorgung und der Natriumgehalt nach dem Ionenaustauscher bekannt, können aufgrund des maximal zulässigen Natriumgehalts von 200 mg/l die Durchflussanteile aus der Wasserversorgung und aus der Enthärtungsanlage einfach berechnet und damit die einzustellende Resthärte bestimmt werden.

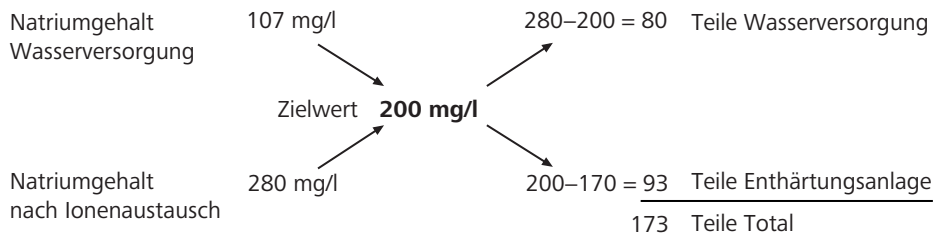
Berechnung der Resthärte mittels Mischkreuz

Die Berechnung der Resthärte mittels Mischkreuz ist eine einfache Art, um die Mischanteile und die einzustellende Resthärte zu berechnen. Sie basiert auf dem mathematischen Prinzip einer Gleichung mit mehreren Unbekannten der Form:

$$c_1 \times V_1 + c_2 \times V_2 = c_3 (V_1 + V_2)$$

c = Natriumgehalt

V = Volumen



Verhältnis Wasserversorgung $\frac{80 \times 100 \%}{173} = 46.2 \% \text{ des Durchflusses}$

Bei einer Trinkwasserbeimischung aus der Wasserversorgung von 46.2 % ergibt sich folgende Resthärte:

46.2 % von 37.6 °fH = **17.4 °fH**

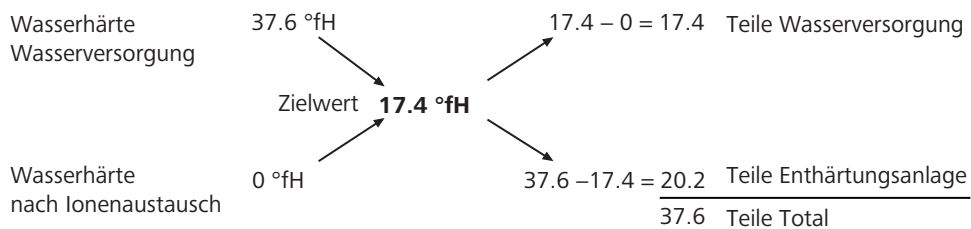
Berechnung der Resthärte aufgrund des Natriumüberschusses

Bei einem Natriumüberschuss von 80 mg/l und 4.6 mg/l Na pro 1 °fH ergibt sich folgende Resthärte:

80 mg/l ÷ 4.6 mg/l Na pro 1 °fH = **17.4 °fH**

Berechnung der Durchflussanteile

Bei einem, für das entsprechende Objekt eingestellten repräsentativen Wasserdurchfluss, ist mithilfe des Mischventils so viel unbehandeltes Trinkwasser aus der Wasserversorgung beizumischen, bis am Probenahmeventil nach der Enthärtung eine Wasserhärte von 17 bis 18 °fH gemessen wird.



Verhältnis Wasserversorgung $\frac{17.4 \times 100 \%}{37.6} = 46.2 \% \text{ des Durchflusses}$

Verhältnis Enthärtungsanlage $\frac{20.2 \times 100 \%}{37.6} = 53.8 \% \text{ des Durchflusses}$

6.6 Eindämmung der Verkeimung

Die an der Oberfläche des Ionenaustauscherharzes filtrierte Mikroorganismen können sich im Harzbett vermehren und zu einer Verkeimung der Anlage führen. Das Wachstum kann durch einfache Massnahmen eingedämmt werden:

- Beimischung von Silberharz (ca. 1 %) zum Ionenaustauscherharz
- Aufstellungsort mit kühler Raumtemperatur
- Kurze Regenerationszyklen



Eine gesättigte Salzlösung wirkt keimtötend. Deshalb empfiehlt Nussbaum einen Regenerationszyklus von 2 bis 4 Tagen.

6.7 Aufstellungsort

Eine Enthärtungsanlage muss an einem kühlen, temperaturkonstanten Ort aufgestellt werden. Eine Trinkwassertemperatur von 25 °C darf nicht überschritten werden.

6.8 Einbau

Beim Einbau einer Enthärtungsanlage müssen folgende Voraussetzungen und Hinweise beachtet werden:

- Es gelten die Bestimmungen der SVGW-Richtlinie W3.
- Der Einbau darf nur durch qualifizierte Sanitärfachkräfte unter Berücksichtigung der örtlichen Bauvorschriften erfolgen.
- Für den Unterhalt und Kontrolle müssen die Komponenten leicht zugänglich sein.
- Unterbrechungen der Hauswasserversorgung bei Servicearbeiten müssen durch Umgehung der Wasserversorgung vermieden werden.
- Probenahmevertile sind vor und nach der Enthärtungsanlage vorzusehen.
- Der Einbau der Anlage muss nach einer Rückflussverhinderung eingebaut werden, um das Zurückfliessen von unerwünschten Stoffen in die Hausanschlussleitung zu verhindern.
- Der Druckverlust muss beachtet werden.

6.9 Kontrolle und Unterhalt

Enthärtungsanlagen müssen gemäss dem Schweizer Lebensmittelrecht regelmässig unter Berücksichtigung der SVGW-Richtlinie W3/E2 kontrolliert und von entsprechend ausgebildeten Personen unterhalten und dokumentiert werden.

Für den korrekten Betrieb ist der Eigentümer oder dessen Beauftragter verantwortlich. Er ist zur Selbstkontrolle verpflichtet, d.h. er muss dafür sorgen, dass die Anforderungen des Schweizer Lebensmittelrechts erfüllt werden.

Informationen zum Selbstkontrollkonzept der W3/E4 sind im Nussbaum Dokument «Themenwelt Trinkwasserhygiene» zu finden, ☞ Themenwelt 299.1.006.

6.9.1 Amtliche Kontrollen

Die Vollzugsorgane der amtlichen Lebensmittelkontrolle sind befugt, in Liegenschaften mit Mietwohnungen und öffentlichen Gebäuden Enthärtungsanlagen und die dazugehörige Dokumentation zu kontrollieren. Sie können, wenn nötig, Änderungen oder Ergänzungen zu solchen Anlagen verlangen.

7 Weiterführende Informationen

Für die Planung, Ausführung und Instandhaltung von Nussbaum Installationen müssen die technischen Dokumente von Nussbaum berücksichtigt werden.

Informationen zu verschiedenen Medien und den von Nussbaum angebotenen Lösungen sind in den Nussbaum Dokumenten «Anwendungen und Lösungen» zu finden, detaillierte Informationen zu Nussbaum Systemen in den entsprechenden Dokumenten «Systembeschreibung».

