

Hygiene und Desinfektion im Trinkwasser

Die nachfolgenden Ausführungen stellen eine kompakte Darstellung der zu beachtenden Trinkwasserhygiene für Planer von Trinkwasser-Installationen dar. Die aufgeführten Grenzwerte beschränken sich auf die Hygiene-Parameter. Weiterhin sind wichtige, allgemein anerkannte Regeln der Technik und Verordnungen berücksichtigt.

1. Mikroorganismen im Trinkwasser

Trinkwasser ist grundsätzlich nicht steril, sondern enthält Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Viren) bereits bei der Förderung aus dem Untergrund, die über das Rohrleitungsnetz in die Trinkwasser-Installation der Gebäude gelangen. Durch die Temperaturerhöhung im Warmwasserkreislauf vermehren sich die Organismen und Grenzwerte können überschritten werden. Weitere Wachstumsfaktoren sind pH-Wert, organische Stoffe, Stagnation

und das Vorkommen von Biofilmen. Abgeleitet aus dem Infektionsschutzgesetz fordert die Trinkwasserverordnung ein hygienisch einwandfreies Wasser zur Verfügung zu stellen. Die Zahl der möglichen Organismenarten im Trinkwasser ist sehr groß; wesentlich sind jedoch folgende, die gehäuft auftreten und aktuelle Problemkeime im Trinkwasser darstellen:

Legionellen: stäbchenförmige Bakterien, einzeln oder in Amöben im Wasser vorkommend, verursachen die Legionärskrankheit, Übertragung durch Aerosole auf den Menschen in die Lunge, optimale Vermehrungstemperatur 25 °C - 50 °C.

Pseudomonas aeruginosa: stäbchenförmiges Bakterium, widerstandsfähig und anspruchslos, häufiges Vorkommen im Klinikbereich an feuchten Stellen (Hospitalismuskeim), Übertragung durch Nahrung, Aerosole und direktem Kontakt, verursachen Augen- und Ohreninfektionen sowie Lungenentzündungen.

2. Einzuhaltende Grenzwerte

Die Grenzwerte für Bakterien sind in der aktuellen Trinkwasserverordnung 2018 aufgelistet.

Anlage 1 Teil 1 Allgemeine Anforderungen an Trinkwasser:		
E. coli	0/100 ml	
Enterokokken	0/100 ml	
Teil 2 Anforderungen an Trinkwasser, das zur Abgabe in verschlossenen Behältnissen bestimmt ist:		
E. coli	0/250 ml	
Enterokokken	0/250 ml	
Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml	
Anlage 3 Teil 1 Allgemeine Indikatorparameter:		
Clostridium perfringens	0/100 ml	
Coliforme Bakterien	0/100 ml	
Koloniezahl bei 22 °C	ohne Veränderung	
Koloniezahl bei 36 °C	ohne Veränderung	
Teil 2 Anforderungen an Trinkwasser in Anlagen der Trinkwasser-Installation (Technischer Maßnahmewert):		
Legionella spec.	100/100 ml	

Für den Schwimm- und Badebeckenbereich gilt die aktuelle DIN 19643 (Stand 2012), in der folgende Grenzwerte aufgelistet sind (Anforderungen an Rein- und Beckenwasser):

Pseudomonas aeruginosa	n. n. (nicht nachweisbar)	KBE 100 ml
E. coli	n. n.	KBE 100 ml
Legionella species	< 1*	KBE 100 ml
Koloniebildende Einheiten (36 °C)	20 (Reinwasser) 10 KBE ml (Beckenwasser)	

* Bei höheren Werten sind entsprechend der tatsächlichen Legionellenzahl weitere Maßnahmen einzuleiten.



Für Legionellen sind im DVGW-Arbeitsblatt W 551 folgende Werte angegeben (Bewertung der Befunde bei einer orientierenden bzw. weitergehenden Untersuchung):

< 100 KBE/100 ml	keine/geringe Kontamination
≥ 100 KBE/100 ml	mittlere Kontamination
> 1.000 KBE/100 ml	hohe Kontamination
> 10.000 KBE/100 ml	extrem hohe Kontamination KBE ml (Beckenwasser)

Die entsprechenden Maßnahmen sind in dem Arbeitsblatt genauer aufgeführt.

NEU IN DER TRINKWASSERVERORDNUNG 2018

Beim Erreichen oder Überschreiten des Technischen Maßnahmewertes für Legionellen ist der Unternehmer oder Inhaber der Trinkwasser-Installation verpflichtet, unverzüglich eine Ortsbesichtigung durchzuführen oder durchführen zu lassen und eine Gefährdungsanalyse und Überprüfung zu veranlassen. Diese muss entsprechend dokumentiert werden (§ 16, Abs. 7).

3. Grundsätze für die Trinkwasserhygiene

Außer der Einhaltung der Gesetze, Verordnungen und der allgemein anerkannten Regeln der Technik sind folgende Grundsätze bei der Neuplanung und/oder Sanierung zu beachten:

- aktuelle Bestandspläne der Trinkwasser-Installation sind bei Sanierungen erforderlich
- aktuelle Wasseranalysen müssen vorliegen bzgl. chemisch-physikalischer als auch mikrobiologischer Parameter
- eine Spülung (Luft-/Wasserspülung) muss vor einer Anlagen-desinfektion durchgeführt werden (thermische + chemische Desinfektion, Vorgehensweise gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 557)
- zur Reduzierung der Organismen sind eventuell Kombinationen von Verfahren anzuwenden
- Minimierungsgebot bei der Anwendung chemischer Stoffe muss beachtet werden (Trinkwasserverordnung und DVGW-Beschluss)
- keine permanente und/oder prophylaktische Desinfektion durchführen (nur vorübergehende Desinfektion)
- hydraulischer Abgleich ist die Voraussetzung für ein hygienisch einwandfreies Wasser und den Einsatz von chemischen Desinfektionsverfahren (berechnet, nicht durch „Handeinstellung“)

4. Maßnahmen zur Wachstumsvermeidung

Zur Einschränkung des Biofilmwachstums in Rohrleitungen und Geräten und damit zur Vermeidung von Bakterienwachstum ist Folgendes einzuhalten:

- Vermeidung von Überdimensionierung von Rohrleitungen und Warmwasserspeichern (Gleichzeitigkeiten kritisch betrachten)
- Vermeidung von Stagnation des Trinkwassers (Rohrleitungen, Apparate) – Zirkulation nicht unterbrechen
- hydraulischer Abgleich des Zirkulationssystems (W 553 beachten)
- Verwendung von Installationswerkstoffen, von denen möglichst wenig verwertbare Nährsubstrate abgegeben werden
- sachgerechte Inbetriebnahme
- Vermeidung von Temperaturbereichen, bei denen Bakterienwachstum gefördert wird (60 °C bei Großanlagen, bei Kleinanlagen sollten auch 60 °C eingehalten werden)
- Rückbau von nicht mehr genutzten Leitungen und Anlagenteilen (Totleitungen)

Die oben angeführten Maßnahmen sind von allen Beteiligten (Planer, Bauherr, Betreiber, Installateur) zu beachten.

5. Planungsgrundsätze in der VDI 6023 (Stand vom April 2013)

Die VDI 6023 (Hygiene in Trinkwasser-Installationen) enthält Planungsgrundsätze (Punkt 6.1), die bei der Sanierung und bei Neuplanungen eingehalten werden müssen:

- Planung durch fachkundige Personen
- Bauherr ist in die Planung und Ausführung mit einzubringen
- Erstellen eines mit dem Bauherrn abgestimmten und detaillierten Raumbuchs einschließlich Nutzungsbeschreibung
- vollständiges Konzept der Trinkwasser-Installation erstellen
- offene Trinkwassersysteme sind nicht zugelassen (Kontaminationsgefahr)
- Voraussetzungen für die Errichtung des Hauswasseranschlusses müssen geschaffen werden
- technische Regeln für das Errichten, Betreiben und Instandhalten von der Trinkwasser-Installation sind zu beachten
- Berechnung der Rohrdurchmesser nach DIN 1988-300
- Maßnahmen für Inspektion und Wartung aller Apparate müssen benannt werden
- Probenahmen bzw. Reinigungs- und Inspektionsarbeiten müssen möglich sein (ausreichend Platz)
- Werkstoffauswahl anhand der Wasserbeschaffenheit und der Betriebsbedingungen
- Beim Trinkwasser/warm ist das DVGW-Arbeitsblatt W 551 (Technische Maßnahmen zur Verhinderung des Legionellenwachstums), W 553 (Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen) und DIN 1988-300 (Ermittlung und Berechnung der Rohrdurchmesser) zu berücksichtigen.
- nur zwangsweise durchströmte Apparate verwenden (z. B. Membranausdehnungsgefäß)
- Feuerlöschanlagen nass können nicht hygienisch betrieben werden (DIN 1988-600)
- Eigenwasserversorgung und öffentliche Wasserversorgung dürfen nicht miteinander verbunden sein (Trennung nach DIN EN 1717, DIN 1988-100 und DIN 1988-100 und DIN 1988-60) einhalten)
- Kennzeichnung von Nicht-Trinkwasserleitungen ist verpflichtend
- Einrichtungen zur fachgerechten Probenahme sind vorzusehen
- Die VDI 6023 ist eine allgemein anerkannte Regel der Technik

6. Auswahlkriterien für den Einsatz von Desinfektionsmittel und -verfahren

Bei der Auswahl der Verfahren (chemische, physikalische oder thermische) bzw. des Desinfektionsmittels sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Handhabung und Wirksamkeit des Desinfektionsmittels
- Art des Mikroorganismus (Legionellen, Pseudomonaden, E. coli)
- Gefährdungspotential für Mensch und Umwelt
- Wasserqualität und Zehrung (z. B. Huminstoffgehalt des Wassers beachten)
- Rohrleitungssystem (Material, Länge, Alter)
- Depotwirkung
- Bildung von Nebenprodukten
- Entsorgung
- kontinuierliche/diskontinuierliche Desinfektion
- Investitions- und Betriebskosten
- Vorgaben/Wünsche der Bauherren/Betreiber und der Gesundheitsämter
- Sensibilität des Klinikbereichs (Onkologie, Transplantation, Dialyse), in denen das behandelte Wasser verwendet wird, beachten

7. Desinfektionsmittel und -verfahren nach § 11 der Trinkwasserverordnung

In der Trinkwasserverordnung 2001 (4. Änderung 2020) wird im § 11 auf die Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren verwiesen, die vom Umweltbundesamt veröffentlicht und stets aktualisiert wird. Hier sind die Verfahren und Desinfektionsmittel für den Einsatz im Trinkwasser genau festgelegt, andere Stoffe und Verfahren dürfen nicht eingesetzt werden.

Teil I Aufbereitungsstoffe, die zur Desinfektion des Wassers eingesetzt werden:

- Calciumhypochlorit
- Chlor
- Chlordioxid
- Natriumhypochlorit
- Ozon

Teil II Desinfektionsverfahren

- UV-Bestrahlung
- Dosierung von Chlorgaslösungen
- Dosierung von Natrium- und Calciumhypochloritlösung
- elektrolytische Herstellung und Dosierung von Chlor vor Ort
- Dosierung einer vor Ort hergestellten Chlordioxidlösung
- Erzeugung und Dosierung von Ozon und Ozonlösung vor Ort

Die aktuelle Liste wird auf der Internetseite des Umweltbundesamtes zweimal jährlich aktualisiert und veröffentlicht (kostenlos zum downloaden): www.uba.de

8. Schwachstellenanalyse der Trinkwasser-Installation

Besonders für den Sanierungsbereich ist vor einer Sanierung eine Schwachstellenanalyse durchzuführen und auf folgende Punkte zu achten:

- Temperatur nach dem Warmwasseraufbereiter
- sind Zapfstellen vorhanden, die nicht oder wenig genutzt werden?
- Zirkulation und hydraulischer Abgleich

- Temperatur an der entferntesten Entnahmestelle
- Tot-/Stichleitungen
- Verbindungen bzw. Absicherungen zwischen Trinkwasser und anderen Leitungen (z. B. Gartenbewässerungs- oder Feuerlöschleitungen)
- Zustand des Rohrleitungsmaterials
- Verkalkung, Enthärtung

9. Verfahren – Vorteile und Nachteile

Die am häufigsten eingesetzten Verfahren werden kurz mit den Vor- und Nachteilen dargestellt.

Thermische Desinfektion

Funktionsprinzip: jede Zapfstelle muss für 3 Minuten und 70 °C heißem Wasser beaufschlagt werden (nach DVGW 551)

Vorteile

- kurzfristiger Einsatz in kleineren Gebäuden
- Abtötung aller frei vorkommenden Organismen

Nachteile

- in größeren Gebäuden nicht einsetzbar
- bei hartem Wasser Kalkausfällungen und Rohrleitungsschäden
- hoher energetischer und personeller Aufwand
- Stich-/Totleitungen werden nicht erreicht
- Verbrühungsschutz muss gewährleistet sein
- meist nur kurze Wirkungsdauer

Chemische Desinfektion (insbesondere Chlordioxid)

Funktionsprinzip: Dosierung von Chemikalien ins Kaltwasser und Abtötung der Mikroorganismen

Vorteile

- kurzfristiger Einsatz zur Sofort-Desinfektion
- auch bei höheren pH-Werten einsetzbar
- Chlordioxid ist in der § 11-Liste aufgeführt

Nachteile

- Wärme, Licht und Staub beschleunigen den Abbau von Chlordioxid
- chemische Veränderung des Wassers

UV-Behandlung

Funktionsprinzip: Bestrahlung des Kaltwassers bei einer Wellenlänge von 254 nm, Inaktivierung der Organismen durch DNA-Zerstörung

Vorteile

- Einbau im Neu- und Altbau möglich
- keine Veränderung der Wasserzusammensetzung
- Abtötung aller frei vorkommenden Organismen

Nachteile

- keine Abtötung von Legionellen in Amöben
- keine Depotwirkung

Elektrolyse

Funktionsprinzip: Erzeugung einer unterchlorigen Säure und Dosierung im Kaltwasser, Abtötung der Organismenzellen

Vorteile

- kurzfristiger Einsatz in kleineren Gebäuden
- geringer Energieaufwand

Nachteile

- NaCl-Zugaben sind notwendig
- sehr starke Abhängigkeit vom pH-Wert
- Gefahr der Nitritbildung
- Gefahr der THM-Bildung
- keine Abtötung von Legionellen in Wirtsorganismen

Membrantechnik

Funktionsprinzip: Filtration von Partikeln aufgrund der Porengröße

Vorteile

- kurzfristiger Einsatz in kleineren Gebäuden
- geringer Energieaufwand
- komplette Entfernung aller Organismen – im Wasser verbleiben keine Zellreste
- ohne Chemikalien

Nachteile

- Abgabe des Konzentrats in den Abwasserkanal und damit geringer Mengenverlust

Hygienetechnologie

Neben den bekannten Methoden der Keimabtötung ist man grundsätzlich dahingehend auch bestrebt, Verfahren einzusetzen, die effektiv Keime aus dem Wasser entfernen können ohne dauerhafte Chemikalienzugabe ins Wasser. Hierzu zählt auch die neue Hygienetechnologie.

Nach dem Vorbild der Natur, wenn ein Gecko durch die spezielle Oberfläche seiner Füße Ladungsunterschiede erzeugt, um an glatten Wänden laufen zu können, werden bei den Hygieneanlagen durch ähnliche Oberflächeneigenschaften des Hygienematerials

Ladungsunterschiede erzeugt. Dadurch werden krankheitserregende Keime festgehalten und anschließend durch eine Desinfektion mit Chlor unschädlich gemacht.

Das Verfahren arbeitet dabei richtungsunabhängig in Fließrichtung aber auch entgegen der Fließrichtung des Wassers und sorgt damit für eine doppelte Sicherheit. Je nach Anwendungsgebiet kann die Hygienetechnologie an unterschiedlichen Stellen der Installation eingebaut werden. Am Hauswassereingang, in der Zirkulation und zukünftig auch an Entnahmestellen.

Einsatzmöglichkeiten

in der Getränke- und Lebensmittelindustrie

- Umkehrosmoseanlagen für Reindampferzeuger (Rinser-Abfüllsträßen)
- Umkehrosmoseanlagen für die Fruchtsafrückverdünnung
- Enthärtungsanlagen für die Flaschenwaschmaschine
- Brauwasseraufbereitungsanlagen – Art je nach Rohwasserqualität

Als Verfahren zur Brauwasseraufbereitung werden die schwachsäuren, starksäuren – und in Einzelfällen – starksaure und starkbasische Ionenaustauscher sowie die Umkehrosmose eingesetzt. Die nachfolgenden Brauwasserqualitätsanforderungen der Ausbildungsstätten (z. B. VLB Berlin oder TU Weihenstephan) und die örtlichen Gegebenheiten entscheiden über das einzusetzende Verfahren.

- Mineralwasseraufbereitung – Entfernung von Schwermetallen
- Kesselspeisewasseraufbereitungen (siehe Produktinformationen)
- Aktivkohlefilter zur Schönung, Geschmacksverbesserung und Chloorentfernung (in dämpfbarer Ausführung)
- Dosieranlagen für Kühlwasser und Kesselspeisewasseraufbereitung
- Abwasseraufbereitung allgemein in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie
- Kühlwasseraufbereitung je nach Rohwasserqualität (siehe Produktinformationen)
- Entgasung von Brunnenwässern
- Desinfektion mit Chlordioxid und UV in der Getränkeindustrie und in Molkereien (siehe Produktinformationen)

Brauwasserqualitätsanforderungen

- Grundsätzlich Trinkwasserqualität nach TrinkwV
- pH-Wert: 7 – 8,5 zu sauer: Korrosionsgefahr, zu alkalisch: Enzymhemmung (nicht relevant bei Edelstahlleitungen)
- p-Wert: < 0,3 mval/l
- m-Wert: < 1,0 mval/l (= < 2,8 °dKH)
- Restalkalität (RA) < 2 °dH (Pilsener Biere) und < 5 °dH (helle Biere) nach folgender Formel:
$$RA = \text{Gesamtalkalität} - (1/3,5) \times (\text{Calciumhärte} + 0,5 \text{ Magnesiumhärte})$$
- Natriumhydrogencarbonat wirkt aciditätsvernichtend und verzögert den Gärprozess – aus diesem Grunde darf kein Basenaustauscher im NaCl-Zyklus zur Brauwasseraufbereitung eingesetzt werden.
- Chloride: < 100 mg/l (250 mg/l lt. TrinkwV), ansonsten führt es zur Korrosionsgefahr und zum salzigen Geschmack
- Sulfat: < 150 mg/l (240 mg/l lt. TrinkwV), ansonsten führt es zur Ausbildung eines Hopfenaromas
- Nitrat: < 25 mg/l (50 mg/l lt. TrinkwV), ansonsten führt es zur Hemmung des Stoffwechsels durch Nitrit (0,1 mg/l lt. TrinkwV).
- Ebenso kommt es zu Gärstörungen.
- Silikate: < 20 mg/l, ansonsten kann es zu Gushing und Trübungen führen
- Aggressive CO₂: 0 mg/l, ansonsten führt es zur Korrosion (nicht relevant bei Edelstahlleitungen)
- Calcium: bis 35 – 40 °dH (= ca. 200 mg/l) erwünscht, da es aciditätsfördernd wirkt und eine Stabilisierung der α -Amylase unterstützt
- Magnesium: < 5 °dH (= < 22 mg/l), ansonsten führt es zu unedlen Bieren. Das Magnesium wirkt aciditätsfördernd.
- Eisen und Mangan: < 0,1 mg/l (0,2 mg/l bzw. 0,05 lt. TrinkwV). Bei höheren Werten führt es zu Farb- und Geschmacksbeeinträchtigungen, zu Trübungen und Korrosionen.



Prozesswasseraufbereitung mit Umkehrosmose und Chlordioxidanlage

Enteisenung/Entmanganung, sowie die gezielte Rückhaltung von verschiedenen Elementen in Mineralwässern

Als Störstoffe in Mineralwässern können nachfolgende Elemente bezeichnet werden:

- Eisen
- Mangan
- Schwefelwasserstoff
- Arsen
- Nickel
- Radium
- Fluorid
- Uran

Enteisenung

2-wertiges Eisen muss durch Oxidation in ein abfiltrierbares 3-wertiges Eisen überführt werden. Dies kann durch Luftzugabe oder durch ein starkes Oxidationsmittel wie Ozon erfolgen. Die Wahl dieser beiden zugelassenen Verfahren ist abhängig vom pH-Wert und von den Inhaltsstoffen des Wassers. Das lösliche Eisen kann in der Natur in verschiedenen Salzen vorkommen: z. B. Eisenchlorid, Eisensulfat, Eisennitrat oder Eisenhydrogen-carbonat

Chemische Formel: $4 \text{FeCl}_2 + \text{O}_2 + 10 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 8 \text{HCl}$

Verfahrenstechnische Voraussetzungen bei einer funktionierenden Enteisenungsanlage:

- der pH-Wert sollte > 7 sein!
- die Fließgeschwindigkeit im Filterbehälter sollte zwischen 5 und 15 m/h liegen
- eine komplette Wasseranalyse des Brunnenwassers muss vorliegen (z. B. Sauerstoffverbrauch, KMnO₄-Wert, Ammonium usw.)

Wie allgemein bekannt, benötigt die Enteisenung im Normalfall keine Einarbeitungszeit, sie läuft direkt nach der Inbetriebnahme ab.

Entmanganung

2-wertiges Mangan muss durch Oxidation in ein abfiltrierbares 4-wertiges Mangan überführt werden. Dies kann durch Luftzugabe oder durch ein starkes Oxidationsmittel wie Ozon erfolgen. Die Wahl dieser beiden zugelassenen Verfahren ist abhängig vom pH-Wert und von den Inhaltsstoffen des Mineralwassers. Das lösliche Mangan kann in der Natur in verschiedenen Salzen vorkommen: z. B. Manganchlorid, Mangansulfat, Mangannitrat oder Manganhydrogencarbonat

Chemische Formel: $4 \text{MnCl}_2 + \text{O}_2 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{MnO}(\text{OH})_2 + 4 \text{HCl}$

Im Gegensatz zur Enteisenung benötigt die Entmanganung häufig eine längere Einfahrphase, was sich durch biologische Vorgänge erklären lässt (Manganbakterien). Diese – teils mehrere Wochen andauernde Einfahrphase kann durch die Verwendung von Spezialfiltermaterial (z. B. GENO-Fermanit) deutlich (meist auf nur wenige Tage) verkürzt werden.

Aus diesem Grunde, und abhängig von den Eisen- und Manganwerten, wird in der Praxis oft über eine 2-stufige Filteranlage gefahren. Wobei in der ersten Stufe das Eisen und in der zweiten Stufe das Mangan entfernt wird.

Entschwefelung

Schwefelwasserstoff H₂S kann im Mineralwasser durch Ausgasen entfernt werden. Zum Beispiel durch Belüften mit steriler Luft in sogenannten Rieselentgasern oder in Intensivbelüftern.

Energieversorgung

Verdunstungskühllanlagen – Zusammenfassung zur VDI-Richtlinie 2047-2

Entfernung von Arsen, Radium, Uran, Fluorid, Nickel und Bor

Die oben aufgeführten Störstoffe haben für die Mineralwasserherstellung in den letzten Jahren eine immer größere Bedeutung erlangt. Sei es durch die Medien oder die Medizin, die bestimmte Stoffe, wie zum Beispiel das Radium Isotop 226Ra für einen möglichen Auslöser von Leukämie bei Kindern hält. So wurde der Verbraucher in den letzten Jahren für oben genannte Stoffe sensibilisiert. In der aktuellen Mineralwasserverordnung stehen zum ersten Mal Grenzwerte für 226Ra, 228Ra und Uran. Auch diese Stoffe gilt es unter die gültigen Grenzwerte zu reduzieren. Sollten Sie mit oben genannten Inhaltsstoffen Probleme haben, so wenden Sie sich bitte an den zuständigen Branchen-Leiter im Hause Grünbeck.

Entkarbonisierung

Unter Entkarbonisierung versteht man einen schwach sauren Ionenaustauscher, welcher die Ca- und Mg-Ionen, die an das Hydrogencarbonat gebunden sind, entfernt und durch H-Ionen ersetzt. Die Regeneration der Austauscher erfolgt mit Salzsäure. Da hier der m-Wert reduziert wird, ist dieses Verfahren in Brauereien zusammen mit den Membranverfahren im Einsatz.

Entkationisierung

Unter Entkationisierung versteht man einen stark sauren Ionenaustauscher, welcher alle Kationen durch Wasserstoffionen ersetzt. Die Regeneration der Austauscher erfolgt mit Salzsäure. Dieses Verfahren wird in der Brauerei dann verwendet, wenn das Rohwasser sodaalkalisch ist (m-Wert rechnerisch > als Gesamthärte).

Entsalzung

Unter Entsalzung versteht man einen stark sauren und stark basischen Ionenaustauscher, welcher alle Kationen und Anionen durch Wasserstoff- bzw. Hydroxidionen ersetzt. Die Regeneration der Austauscher erfolgt mit Salzsäure und Natronlauge.

Umkehrosmoseanlage

Unter Umkehrosmose versteht man ein Membranverfahren zur Entsalzung des Rohwassers. Dieses rein physikalische Verfahren wird überwiegend für neue Brauwasseraufbereitungsanlagen eingesetzt. Vorteil ist der Betrieb ohne gefährliche Chemikalien, wie Säure und Lauge. Die Ausbeute der Umkehrosmose richtet sich nach der Beschaffenheit des Rohwassers. Um Härteausfällungen auf den Membranen der RO-Anlage zu vermeiden, muss als Vorauflaufbereitung eine Enthärtungsanlage oder eine Dosieranlage zur Härtestabilisierung (Antiscalant) eingesetzt werden. Grundlage jeder Umkehrosmose ist eine aussagekräftige Rohwasseranalyse.

Desinfektion

In der Lebensmittel- und Getränkeindustrie werden hauptsächlich Chlordioxid- und UV-Anlagen eingesetzt, in der AfG-Produktion (Alkoholfreie Getränke) ausschließlich UV-Anlagen. (Erläuterungen siehe Planungsinformationen)

Die VDI-Richtlinie 2047-2

Hygienegerechter Betrieb von Verdunstungskühllanlagen

Im Januar 2015 ist die neue VDI-Richtlinie 2047-2 mit dem Titel „Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühllanlagen (VDI-Kühlurmregeln)“ erschienen. Anlass für die neue Regelung waren mehrere Legionellenvorfälle in der Vergangenheit, in denen es zu vielen Infektionskrankheiten und mehreren Toten gekommen ist. Als Ursache wurden immer wieder Nasskühltürme ausgemacht, bei denen Tröpfchen in die Abluft mitgerissen wurden und dadurch Legionellen in die Umgebung gelangten.

Die Kernaussage

Was ist zu beachten?

Um einen hygienisch einwandfreien Betrieb von Verdunstungskühllanlagen zu erreichen, gibt die Richtlinie Anforderungen für deren Planung, Errichtung und Betrieb vor. Auch die erforderliche Instandhaltung ist ein zentraler Punkt, den es zu beachten gilt.

Die VDI 2047-2 richtet sich somit im Besonderen an Bauherren, Planer und Hersteller von Verdunstungskühllanlagen sowie auch an Anlagenbetreiber und das Wartungspersonal.

Für die Planung, Errichtung und Inbetriebnahme werden Anforderungen beschrieben bezüglich

- Erstellen einer Risikoanalyse
- Standortwahl, Aufstellort
- Regelung und Prozesssteuerung
- Überwachung wichtiger Betriebsparameter

Wasserbeschaffenheit

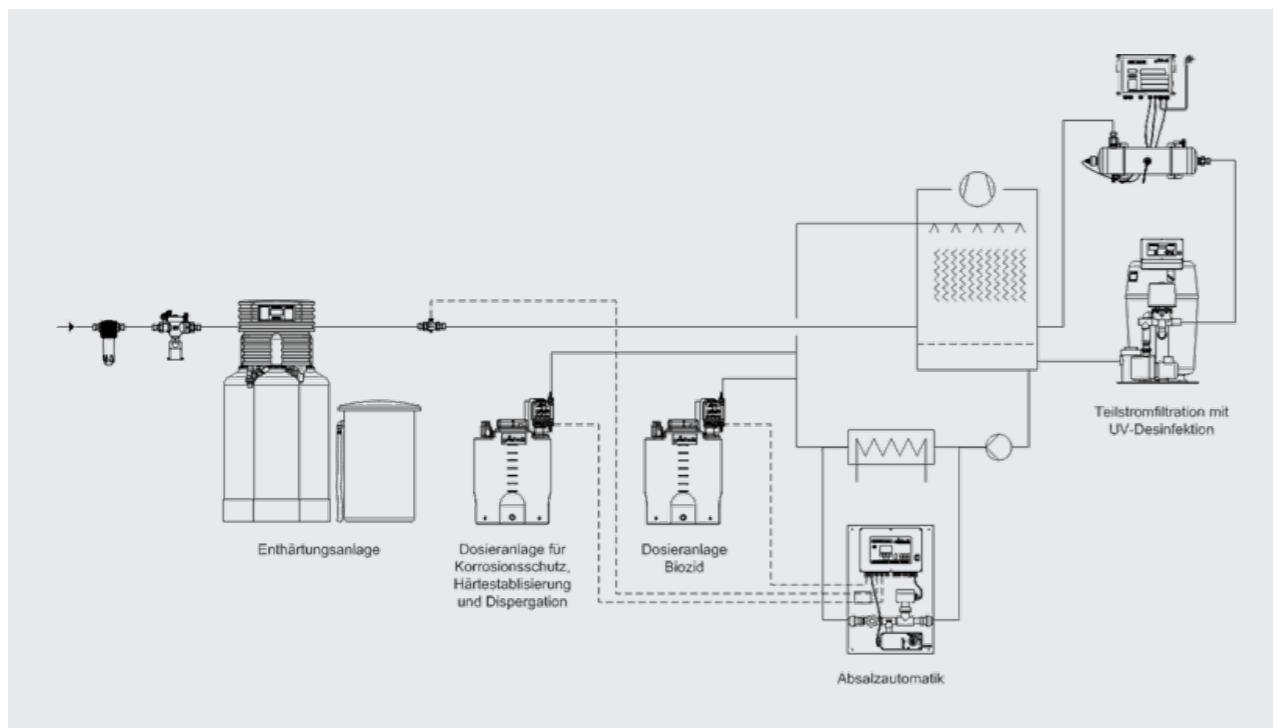
Wasseraufbereitung und -behandlung

Kalk-, Salz- und Schmutzablagerungen fördern die Besiedlung durch Mikroorganismen, die Biofilme bilden können. Da Biofilme ein Lebensraum für Krankheitserreger wie Legionellen sein können, kommt der Wasseraufbereitung und -behandlung zur Vermeidung von Korrosionen und Ablagerungen, sowie zur Desinfektion ein großer Stellenwert zu.

Die VDI 2047-2 gibt Hinweise zur

- Aufbereitung des Rohwassers
 - Entfernung von Feststoffen (Filtration, Enteisenung, Entmanganung)
 - Entfernung von gelösten Stoffen (Enthärtung, Entsalzung)
 - Desinfektion
- Behandlung des Kreislaufwassers
 - Entfernung von Feststoffen (Filtration)
 - Dosierung von Stoffen (Härtestabilisatoren, Korrosionsinhibitoren, Dispergatoren)
 - Begrenzung mikrobiologischer Belastungen (Biozide, UV-Bestrahlung)

Um dem Minimierungsgebot für Biozide gerecht zu werden, empfiehlt die VDI 2047-2 zusätzlich den Einsatz von UV-Bestrahlung. Dabei ist zu beachten, dass das UV-Licht nur bei klarem Wasser wirken kann. Folglich ist der Einsatz nur nachgeschaltet zum ebenfalls empfohlenen Kreislauffilter sinnvoll. Zur Überwachung müssen die eingesetzten Anlagen mit einer Messeinrichtung der UV-Bestrahlung nach DVGW Arbeitsblatt W 294-3 ausgestattet sein.



Beispiel Kühlwasseraufbereitung und -behandlung nach VDI 2047-2

Betrieb und Instandhaltung

Wichtige Betreiberpflichten

Um eine Verdunstungskühlung mit möglichst geringem hygienischen Risiko zu betreiben, wird zukünftig großer Wert auf regelmäßige technische Instandhaltung und Hygienekontrollen gelegt. So ist im Rahmen des gesamten Betriebsablaufs und der Festlegung von Zuständigkeiten eine Gefährdungsbeurteilung auch unter hygienischen Aspekten zu erstellen. Auch hierzu gibt die VDI 2047-2 entsprechende Hinweise.

Darüber hinaus sind durch den Betreiber Hygienekontrollen erforderlich, die sich in regelmäßige Inspektionen sowie mikrobiologische und chemisch-physikalische Wasseruntersuchungen des Kreislaufwassers unterteilen.

Regelmäßige Inspektionen

zur präventiven Erfassung des hygienischen Zustandes der Verdunstungskühlung sind Überwachungen aller Komponenten erforderlich. Die folgende Tabelle ist beispielhaft als orientierende Checkliste in der VDI-Richtlinie enthalten:

Tabelle 1. Beispiel – Checkliste für regelmäßige Inspektionen (orientierend)

Prüfungen auf	Bauteile/ Komponenten	Maßnahme(n)	Intervall		
			1 Monat	2 Monate	12 Monate
Funktion	Mess- und Regelorgane	Instandsetzen	✓		
	Abflutung/Absalzung/ Abschlämmung		✓		
	Pumpen		✓		
	Filter		✓		
Mineralische Ablagerungen	Mess- und Regelorgane	weitergehende Unter- suchungen, gegebenen- falls mikrobiologische Bestimmung	✓		
	Wärmeübertrager			✓	
Schmutz- und Schlammablagerungen	Filter	Entfernen der Ablage- rungen		✓	
	Füllkörper			✓	
Biofilm (biologische Ablagerungen)	Sprühdüsen	Entfernen der Ablage- rungen		✓	
	Tropfenabscheider			✓	
	Rohrleitungen			✓	
	Kühlturmtassen			✓	
Beschädigung und Korrosion	alle Komponenten	Instandsetzen			✓

(VDI 2047-2, Punkt 6.4.1)

Mikrobiologische Untersuchungen

Die mikrobiologischen Untersuchungen unterteilen sich in regelmäßige Laboruntersuchungen und betriebsinterne Kontrollen:

Regelmäßige mikrobiologische Laboruntersuchungen

Durch ein akkreditiertes Labor muss der Nachweis von Legionellen geführt und die allgemeine Koloniezahl bestimmt werden. Optional ist noch die Untersuchung auf *Pseudomonas aeruginosa* sinnvoll, die Hinweise auf Biofilmbildung gibt. Ein engmaschiges Untersuchungsintervall ist anzustreben, z. B. monatlich, mindestens jedoch vierteljährlich.

Entsprechend der Analysenwerte enthält die VDI 2047-2 Tabellen für die daraus resultierenden Maßnahmen.

Die allgemeine Koloniezahl dient zur Überwachung des mikrobiologischen „Normalzustandes“ des Kreislaufwassers. Dieser ist über wiederholte Bestimmungen, z. B. wöchentlich, über einen Zeitraum von mindestens drei Monaten zu ermitteln. Wird der „Normalzustand“ nicht bestimmt oder ist nicht bekannt, kann als Orientierungswert der in vielen Regelwerken genannte Maßnahmewert von 10.000 KBE/ml verwendet werden.

Energieversorgung

Kesselspeisewasser für Dampferzeuger

- **Betriebsinterne mikrobiologische Kontrolle**
Zusätzlich zu den Laboruntersuchungen ist die Überwachung der allgemeinen Koloniezahl durch den Betreiber mittels Eintauch-Nährmedien (Dip-Slides) erforderlich. Das von der VDI 2047-2 vorgeschlagene Messintervall ist 14-tägig. Für die kulturelle Anzucht ist ein geeigneter Brutschrank zur Bebrütung der Dip-Slides bei 30 °C über 44 Stunden erforderlich.

Chemisch-physikalische Untersuchungen

Zur Vermeidung von Ablagerungen an Oberflächen, die zu Korrosionsschäden und Ausbildung von Biofilmen führen, ist eine regelmäßige und systematische Kontrolle der Kreislaufwasserbeschaffenheit erforderlich. Folgende Werte sollten mindestens bestimmt werden:

- Leitfähigkeit kontinuierlich oder mindestens 14-tägig
- Gesamthärte
- Säurekapazität KS4,3 (Karbonathärte)
- pH-Wert
- Chlorid
- Sulfat
- Konzentration des Konditionierungsmittels

Außer bei der Leitfähigkeit darf der Zeitraum zwischen aufeinanderfolgenden Messungen auf bis zu zwei Monate ausgedehnt werden, wenn Erfahrungen vorliegen, die belegen, dass die Werte im laufenden Betrieb stabil sind. Anlagenspezifisch und abhängig von den eingesetzten Werkstoffen sind evtl. weitere Analysenparameter zu bestimmen.

Qualifikation und Schulung

Seminare nach VDI-Standard

„Aufgrund der Bedeutung der Anforderungen, die sich aus dieser Richtlinie ergeben, müssen alle an der Anlage tätigen und die für die Anlage verantwortlichen Mitarbeiter zusätzlich die nötigen Kenntnisse in Kühlturnhygiene nachweisen können, z.B. durch eine VDI-Urkunde einer Schulung auf Grundlage dieser Richtlinie.“ (VDI-MT 2047-4, Punkt 4.1)

VDI-Schulungspartner bieten Seminare entsprechend den VDI-Vorgaben mit zugelassenen Referenten an. Mit erfolgreichem Abschluss der Prüfung erhalten die Teilnehmer ein entsprechendes VDI-Zertifikat.

Schulungsprogramm nach VDI 2047-2:

Nr. Thema

- 1 Einführung in die VDI 2047-2
 - Aufbau und Funktionsprinzipien von Verdunstungskühlanlagen
 - Relevante hygienische Grundlagen im Zusammenhang mit dem Betrieb von Verdunstungskühlanlagen
- 2 Relevante Grundlagen der Mikrobiologie, insbesondere Vorkommen und Risiken durch Legionellen, medizinische Aspekte, u. a. VDI 4250-2
- 3 Relevante Grundlagen der Wasserchemie sowie von Korrosionsvorgängen
- 4 Überwachung von Anlagen
 - Kontrolle chemischer und physikalischer Kenngrößen
 - Mikrobiologische Bestimmungen und Probenahme
 - Kontrolle des Einsatzes von Bioziden
- 5 Instandhaltung von Anlagen einschließlich Desinfektion
 - Maßgebende Gesetze, Vorschriften und weitere technische Regeln
 - Verkehrssicherungspflicht
 - Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
 - Biostoffverordnung (BioStoffV)
 - Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- 6 Prüfung

Gesamtdauer ca. 8 Stunden

Heißdampf als Energieträger wird in vielen verschiedenen Industriezweigen benötigt:

- Heißdampf als Energieträger für chemische und technische Prozesse
- Heißdampf für die Reinigung und Sterilisation in der pharmazeutischen Industrie oder im medizinischen Bereich
- Heißdampf für Dampfturbinen zur Energieerzeugung

Dampf hat im Vergleich zu Wasser eine höhere Wärmekapazität und die zur Verdampfung des Wassers aufgewandte Energie kann mit dem Dampf transportiert werden. Während der Kondensation des Dampfes wird diese Energie wieder frei. Bei gleicher Temperatur wird nur ein Sechstel der Masse an Dampf im Vergleich zur Masse des Wassers als Wärmeträger benötigt.

Die im Wasser gelösten Stoffe bleiben bei der Verdampfung des Wassers im Kessel zurück und führen zu Ablagerungen. Der Wasserdampf kann solche Inhaltsstoffe auch mitschleppen, so dass es zu Ablagerungen im gesamten Dampfsystem kommen kann. Verschiedene Auswirkungen sind zu beobachten:

- Verschlechterung des Wärmeübergangs in Wärmetauschern
- Verengung der Rohrquerschnitte und Beeinflussung der hydrodynamischen Eigenschaften
- Ablagerungen auf Dampfturbinen verschlechtern die Effektivität bei der Stromerzeugung
- Ablagerungen sind häufig Ursache und Entstehungsort von Korrosion

Aufgabe der Wasseraufbereitung ist also die Verlängerung der Nutzungsdauer von Dampferzeuger und Gesamtsystem durch Reduzieren der Abschlammverluste, Vermeidung von Korrosion und Steinbildung.

Die Dampfverluste des Abhitzekessels müssen kontinuierlich mit neuem Prozesswasser (Zusatzwasser) ausgeglichen werden. In dem verbleibenden Kesselwasser kommt es zu einer Aufkonzentrierung der Inhaltsstoffe, der sogenannten Aufsalzung. Sie kann zu einem Werkstoffangriff und zu Ablagerungen führen. Die Aufsalzung wird meist durch Leitfähigkeitsmessung überwacht und muss bei zu hohen Werten begrenzt werden.

Wird in technischen Prozessen der Dampf nicht direkt in ein Produkt eingearbeitet, wird der Dampf bzw. das Kondensat vorteilhafterweise als Energieträger in das Speisewasser zurückgeführt. Hier ist meist eine Kondensataufbereitung vorzusehen. Das aufbereitete Kondensat wird zusammen mit dem Zusatzwasser als Kesselspeisewasser dem Dampferzeuger wieder zugeführt.

Genauere Anforderungen an die Qualität des Speisewassers werden z. B. in der DIN EN 12953 „Großraumwasserkessel“ und in den Planungsunterlagen oder Datenblättern der Kesselhersteller definiert.

Weiterhin sind wichtige, allgemein anerkannte Regeln der Technik und Verordnungen zu berücksichtigen. Im Bereich von Großkesseln und Kraftwerken sind vor allem die Richtlinien des VGB PowerTech e.V. zu beachten, insbesondere die VGB-Richtlinie R450L. Abhängig von der vorgegebenen Rohwasserqualität und den geforderten Eigenschaften des aufbereiteten Wassers kommen verschiedene Verfahren der modernen Wasseraufbereitung zum Einsatz. Oft werden innerhalb des Aufbereitungsprozesses verschiedene Wasserqualitäten ausgetragen.

Wasserversorgung

Beispiel Essent Moerdijk 2

Geforderte Spezifikationen für das Zusatzwasser:

Leitfähigkeit: < 0,2 µS/cm

SiO₂: < 5 ppb

Cu: < 1 ppb

Na: < 2 ppb

Fe: < 2 ppb

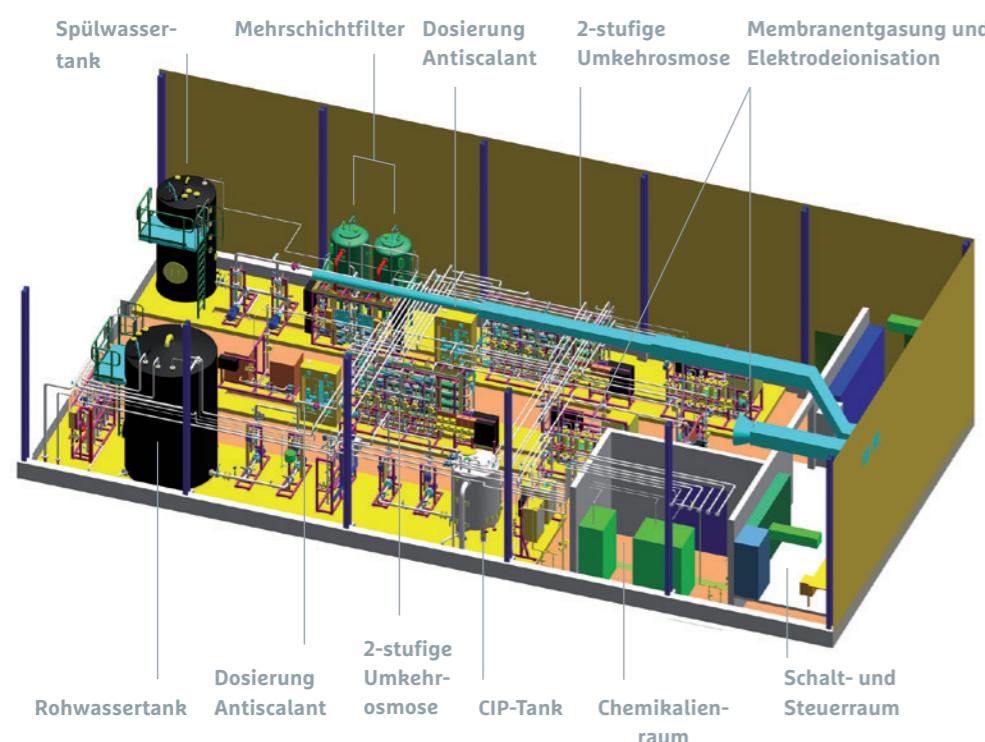
TOC: < 100 ppb

Ca: < 3 ppb

Cl: < 3 ppb

Fließschema der verfahrenstechnischen Auslegung:

Rohwasser → Mehrschichtfilter → zweistufige Umkehrosmose → Membranentgasung → Elektrodeionisation



Die öffentliche zentrale Wasserversorgung dient der Deckung des Trinkwasserbedarfs von Wohn- und Arbeitsstätten. Bei der Erzeugung von Trinkwasser sind die gesetzlichen und normativen Vorgaben der deutschen Trinkwasserverordnung 2001 (4. Änderung 2020) maßgebend. Zur Einhaltung dieser gesetzlichen Werte stehen entsprechend der Rohwasserqualität eine Reihe unterschiedlicher chemischer und physikalischer Aufbereitungsverfahren, auch in Kombination, zur Verfügung.

Da ein Großteil der klassischen Aufbereitungsverfahren den strengen Anforderungen der Trinkwasserverordnung in mikrobiologischer und chemischer Hinsicht nicht mehr entspricht, bekommt die Membrantechnik einen immer bedeutenderen Stellenwert.

Gerade unter dem Gesichtspunkt des Minimierungsgebots der Trinkwasserverordnung stellt die Membrantechnik ein Aufbereitungsverfahren nach dem Stand der Technik dar. Pathogene Bakterien und Viren können sicher zurückgehalten werden.

Ebenso wird die Thematik der zentralen Enthärtung in Begleitung der Eliminierung von Giftstoffen und Mikroschadstoffen (endokrine Substanzen) bewerkstelligt.

Als Membranverfahren kommen je nach Rohwasserzusammensetzung Ultrafiltration und Nanofiltration/Umkehrosmose (LPRO) zur Anwendung:

Ultrafiltration

Das Herzstück des druckgetriebenen Verfahrens der Ultrafiltration ist das Hohlfasermodul. Darunter versteht man Bündel von Polymerkapillaren (Membranen) die in Druckrohren eingegossen sind. Durch eine hohe Anzahl an Kapillaren werden sehr große Membranflächen (aktive Filterflächen) auf geringem Raum innerhalb eines Druckrohres erreicht. Durch eine entsprechende Anzahl von Druckrohren können auch große Volumenströme filtriert werden. Die Trenngrenze (Porenweite) in den Kapillaren liegt bei ca. 0,01 µm.

Diese Eigenschaften der Ultrafiltrationsmembran ermöglichen ihre Einsetzbarkeit zur Eliminierung von partikulären Wasserverunreinigungen, der Trübung. Der Grenzwert der TrinkwV liegt bei 1,0 Trübungseinheiten. Die Trübung des Rohwassers kann sich zum einen aus kleinen mechanischen Partikeln und zum anderen aus Keimen, Bakterien und Viren zusammensetzen. Nach einer Ultrafiltration erhält man somit ein Trinkwasser, welches frei von Krankheitserregern ist und der TrinkwV entspricht.

Nanofiltration/Umkehrosmose (LPRO)

Das Herzstück der druckgetriebenen Nanofiltration/Umkehrosmose ist das Spiralwickelement. Es handelt sich hierbei um flächige, spiral um ein sogenanntes Permeatsammelrohr gewickelte, polymere Flachmembranen. Diese Wickelemente können zu mehreren in einem Druckrohr vereint werden. Durch eine entsprechend große Anzahl von Druckrohren können auch große Volumenströme filtriert werden. Die Trenngrenze (Porenweite) befindet sich im Nanometerbereich (Nanofiltration) ca. 0,001 µm mit negativer Oberflächenladung bzw. die Membran weist keine Poren mehr auf (Umkehrosmose).

Diese Membraneigenschaften erlauben den Einsatz bei großen zentralen Enthärtungsanlagen. Sie sind aber auch zur Entfernung von Mikroverunreinigungen wie z. B. endokrine Substanzen und anderer unerwünschter Verbindungen anwendbar. Durch entsprechende Nachbehandlung (Verschnitt, Remineralisierung, Entsäuerung) erhält man ein der TrinkwV entsprechendes Trinkwasser.

Trinkwasserverordnung

Trinkwasserverordnung: Wir übernehmen Verantwortung

Über ihre Sinnhaftigkeit gibt es keine zwei Meinungen: Die Trinkwasserverordnung schützt mit ihren Handlungsanweisungen die menschliche Gesundheit. In der Wasserwirtschaft spielen Planer, Ingenieure und Installateure bei der Umsetzung und Einhaltung der Verordnung eine zentrale Rolle – ebenso natürlich Grünbeck als führender Wasseraufbereitungsspezialist.

Rechtliche Vorgaben spornen uns an.

Mit der Trinkwasserverordnung setzt das Bundesministerium für Gesundheit die Vorgaben der europäischen Trinkwasserrichtlinie (98/83/EG) in Deutschland um. Maßgeblich sind bei der Trinkwassererzeugung die gesetzlichen und normativen Vorgaben der deutschen Trinkwasserverordnung (TrinkwV) 2001 (4. Änderung 2020). Zu deren Umsetzung hat Grünbeck alle Arbeiten und Produkte auf absolute Qualität ausgerichtet.

Wir wollen gesunde Menschen.

Verunreinigtes Trinkwasser kann Konsumenten die Gesundheit rauben. Davor will uns die Trinkwasserverordnung bewahren. Die menschlichen Sinne verlangen nach farblosem, kühlem, geruchlosem und geschmacklich einwandfreiem Wasser. Dessen Belastungen unterliegen strengen Grenz- und Richtwerten, dazu zählt der technische Maßnahmenwert für Legionellen. Denn unser Anspruch kann nur lauten: Alle Personen, auch Säuglinge, Kleinkinder und alte Mitbürger, müssen Trinkwasser lebenslang und überall ohne gesundheitliche Gefahren trinken können.

Wir bieten die passende Technologie.

Bei Errichtung, Erweiterung, Änderung und Instandhaltung von Trinkwasser-Installationen sind nach § 17 (1) der TrinkwV mindestens die nationalen Normen und Regeln der Technik (D: VDI, DIN, DVGW) einzuhalten. Diese Vorgaben betreffen ebenso Werkstoffe, Armaturen, Apparate und Bauteile in der Trinkwasser-Installation. Damit wir im Rahmen der Trinkwasserverordnung die besten Lösungen anbieten können, entwickeln wir uns und unsere Produkte stetig weiter (Schulungen zu VDI/DVGW 6023 Typ A, VDI/DVGW 6023 Typ B).

Wir informieren die Branche.

In Schulungen zur Trinkwasserverordnung vermittelt Grünbeck aktuelles Know-how, damit Sie bei der Auslegung und Planung von Trinkwasseranlagen perfekt und rechtssicher vorgehen können. Ausführliche Unterlagen erleichtern und perfektionieren die praktische Arbeit.

Die Wasserwirtschaft ist verantwortungsvoll.

Mit vereintem Einsatz können die Anforderungen an das Wasser für den menschlichen Gebrauch eingehalten werden. Die vorliegende Trinkwasserverordnung berücksichtigt die Aktualisierungen durch die 2. Änderung der Trinkwasserverordnung vom 10.03.2016. Die Vorgaben und ihre Kommentierung durch den Zentralverband SHK richten sich an alle Marktpartner in der Wasserwirtschaft: vom Wasserversorgungsunternehmen, Haustechnikplaner, Produkthersteller und Installateur bis hin zum Betreiber.

Schwimmbad

Begriffsbestimmung

Unter dem Begriff Privatschwimmbad versteht man ausschließlich Einfamilienhäuser. Diese unterliegen der Norm für Privatbäder (u. a. EN 16713 und EN 16582). Somit ist bereits ein Schwimmbad in einem Mehrfamilienhaus, welches von mehreren Parteien genutzt wird, ein öffentliches Schwimmbad und muss gemäß den hierfür gültigen DIN-Vorschriften ausgelegt werden (u. a. DIN 19643).

Brauche ich eine Baugenehmigung?

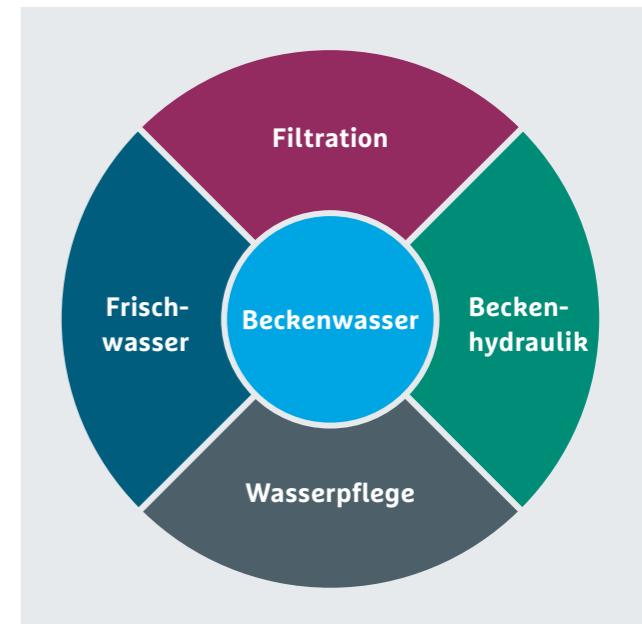
Allgemein sind innerhalb von Ortschaften private Schwimmbecken bis 100 m³ Beckeninhalt genehmigungsfrei. Außerhalb sind Schwimmbecken generell genehmigungspflichtig. Dies kann von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich sein und ist jeweils beim zuständigen Bauamt zu erfragen. Besonders hohe Auflagen bzw. Ausschlusskriterien können ein Wasserschutz- oder Naturschutzgebiet sein. Bei einer Grenzbebauung ist die Länge der Grenzbebauung entscheidend und zudem darf das Becken nicht aus dem Erdreich stehen. Ein Schwimmbad ist kein privilegiertes Gebäude. Sobald dies aus dem Boden heraussteht, müssen gewisse Abstandsflächen gemäß § 6 der Bauordnung eingehalten werden. Grundsätzlich regelt dies der Bebauungsplan und sollte bei der zuständigen Behörde für Bauordnung angefragt werden. Es liegt in der Verantwortung der Bauherren, dies zu erfragen bzw. genehmigen zu lassen (Diese Angabe ist unverbindlich und von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich).

Das Wasser in Privatschwimmbädern hat den allgemein gültigen Anforderungen der Hygiene zu entsprechen. Daneben soll es für den Benutzer verträglich, klar, ästhetisch und zum Schwimmen einladend sein.

Um dies zu erreichen, ist die Wasseraufbereitungsanlage so auszulegen, dass eine Betriebsweise aus hygienischer Hinsicht sichergestellt wird. Nur unter Zusammenwirken der nachstehend aufgeführten Parameter Filtration – Beckenhydraulik – Wasserpflege – Frischwasserzugabe kann eine dementsprechende Wasserqualität gewährleistet werden.

TIPP

Die richtige Planung der Schwimmbadanlage ist die Basis für ein späteres unbeschwertes Badevergnügen. Durch eine fachgerechte Auslegung können Kosten bei Bau und Unterhalt gespart werden. Nutzen Sie die Erfahrung unserer Fachberater!



Beckenwasser-Parameter