

- Verfahrenstechnik ist erforderlich ▶
- wiederkehrende und permanente Desinfektion ▶
- Desinfektion bei Reduktionsfaktor RF 5 ▶
- ideales Desinfektionsmittel ▶
- komplexe Rohrinstallationen in öffentlich/gewerblichen Gebäuden ▶
- Planungsfehler vermeiden ▶

- Duschstellen regelmäßig benutzen; aerosolarme Duschköpfe einsetzen.
- Zapfhähne ohne Stau effekt mit sieblosen Strahlreglern.
- Überlaufventile statt Überläufe an Waschbecken.
- Entlüftungseinrichtungen vorsehen; dabei unbedingt Rücklauf- und Kontaminationsmöglichkeiten für die zentrale Wasserversorgung ausschließen.
- Leitungsmaterial: wärmebeständig > 70°C (thermische Desinfektion), vagabundierende Ströme (elektrolytische Metallauflösung, insbesondere Kupfer) ausschließen.

Ziele der Desinfektion

Um ein mikrobiell kontaminiertes Trinkwasserinstallationssystem zu dekontaminieren oder es vor Wiederverkeimung zu schützen, bedarf es verfahrenstechnischer Maßnahmen mit dem Ziel der wirksamen Desinfektion des Gesamtsystems. Hierzu gehört das Wasser selbst und alle mit ihm kontaktierten Teile und Oberflächen.

Grundsätzlich unterscheiden lassen sich wiederkehrende Desinfektionsmaßnahmen oder Technologien für die permanente Desinfektion. In Abhängigkeit von der Objektart und zur Erhöhung der Sicherheit sind auch Verfahrenskombinationen durchaus üblich. Beispiel hierfür ist die thermische Desinfektion in Kombination mit der permanent wirkenden Elektrolyse-Technik. Ziel aller Desinfektionsverfahren ist letztlich die Reduzierung pathogener Keime um den Reduktionsfaktor 5, d. h. eine dauerhafte Inhibierung bzw. Abtötung der Mikroorganismen im Verhältnis $10^5:1$.

Für Trinkwasser und Trinkwasserinstallationen muss ein Desinfektionsverfahren anwendungsgerecht Bakterien einschließlich Mykobakterien, Pilzen und pilzlichen Sporen sowie Viren mit der geforderten Effizienz (RF 5) dauerhaft inhibieren oder abtöten.

Ein ideales Desinfektionsverfahren bewirkt eine schnelle Inaktivierung/Abtötung pathogener Keime, ohne eine Gefährdung für den Menschen und seine Gesundheit darzustellen. Der Geruch oder der Geschmack des Wassers erfährt keinerlei Beeinträchtigung.

Bei chemischen Verfahren sind ein gefahrloses Handling gefragt sowie eine kontinuierliche Konzentrationsbestimmung durch sichere, schnelle und einfache Messinstrumente (Handphotometer/Stäbchentest) und eine zuverlässige und kontrollierte Dosierung des Desinfektionsmittels. Desinfektionsmittel sollen im zu desinfizierenden Wasser eine hohe Beständigkeit ohne eine Zersetzung haben, um die notwendigen Einwirkzeiten und -konzentrationen zu gewährleisten.

3.1 Installationsvoraussetzungen und Objekteigenschaften

Je komplexer Gebäude in ihrer Größe, in ihren Aufgaben und Eigenschaften sind, desto komplexer und aufwendiger sind auch die vorhandenen Rohrinstallationen. Um so wichtiger ist die bei der Planung und Ausführung erforderliche Sorgfalt und die Einhaltung aller einschlägigen Richtlinien, Normen und Rechtsvorschriften. Besonders zu erwähnen sind die DVGW-Empfehlungen und die DIN-Normen.

Zur Vermeidung von Infektionsrisiken durch gebäudeinterne Trinkwassersysteme sollten die folgenden Installations- und Planungsfehler unbedingt vermieden werden (siehe auch die Empfehlungen des DVGW-Arbeitsblattes W 551 sowie der VDI-Richtlinie 6023):

- Kurzschlüsse zwischen Kalt- und Warmwasserleitungen z. B. durch defekte Rückflussverhinderer
- schlechte Durchströmung von Kesselanlagen (Schichtenbildung)
- mangelnde Isolierung von Warmwasserleitungen
- zu nahe an der Warmseite verlegte Kaltwasserleitungen mit zum Teil fehlenden Isolierungen
- nicht abgetrennte Totstrecken von ungenutzten Teilsträngen
- alte und schlecht gewartete Filter- und Wasserenthärtungsanlagen
- überdimensionierte Leitungen mit geringer Durchströmung
- schlecht arbeitende Zirkulationsanlagen mit abgeschalteten Pumpen oder Schiebern

Trinkwasser-Desinfektion

Verfahren der Trinkwasserdesinfektion

Bei der Planung und Ausführung sanitärtechnischer Anlagen sind vor dem Hintergrund der Kontaminationsrisiken durch Mikroorganismen wie Legionellen die objektspezifischen Besonderheiten zu beachten. Diese sind im Wesentlichen in der Dimensionierung, der Leitungsführung sowie in der Betriebsweise zu sehen. Bei einer groben Strukturierung kann nach den folgenden Gebäudegruppen differenziert werden:

Hotels und Altenheime

Leitungssysteme werden vorwiegend als Steigeleitungen ausgeführt, die häufig vielfach verzweigt sind und etagenweise mehrere Zapfstellen versorgen. Diese Leitungen werden über Verteiler meist im Keller zu den einzelnen Etagen geführt und über eine Zirkulation zurückgeleitet. Die Komplexität und Anzahl der Zimmer geht einher mit der Komplexität der Leitungsführung. Durch Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen sind häufig nicht nachvollziehbare Leitungstrecken vorhanden.

In einzelnen Zimmern kommt es aufgrund längerer Zeit der Nichtbelegung teils zu langen Standzeiten im Armaturenbereich. Da in Hotels und Altenheimen in den meisten Fällen von einer 24-stündigen Nutzungszeit ausgegangen werden muss, sind diskontinuierliche Desinfektionsverfahren, wie thermische und chemische Desinfektion aus Sicherheitsgründen nur schwer durchführbar.

Sport- und Freizeitstätten

Bei sanitärtechnischen Anlagen von Sport- und Freizeitstätten handelt es sich i. d. R. um überschaubare Einheiten mit entsprechend einfacher Leitungsführung. Über Verteiler, die im Keller oder auf gleicher Ebene anzutreffen sind, werden die Leitungen in die Sanitarräume geführt und entweder vor diesen mit der Zirkulation oder an der letzten Entnahmestelle zusammengelegt. In der Regel werden Sportstätten in der Zeit von ca. 22.00 – 7.00 Uhr nicht genutzt.

Schwimmbadeinrichtungen

Schwimmbadeinrichtungen sind aus sanitär- und heizungstechnischer Sicht sehr aufwändige Einrichtungen mit teils verwirrenden Leitungsführungen. Aufgrund der zumeist hohen Gebäudetemperaturen und der häufig schlecht isolierten Kaltwasserleitungen kann es auch hier zu vermehrten Keimbildungen kommen. In derartigen Objekten ist zur Vermeidung von Infektionsrisiken demzufolge die Warm- und Kaltwasserseite zu betrachten.

In bestehenden Anlagen kann wegen des Verbrühungsschutzes der Benutzer von einer Mischwassertemperatur unterhalb von 45 °C ausgegangen werden. Als Betriebszeit kann die Zeit von 8.00 – 20.00 Uhr angenommen werden.

Industriebetriebe

Kennzeichnend für sanitärtechnische Anlagen in Industriebetrieben sind Ringsysteme, die mehrere Wasch- bzw. Duschräume versorgen, z. T. aber auch Stichleitungssysteme. Diese Leitungen werden über Verteiler meistens im Keller oder auf gleicher Ebene in die einzelnen Sanitärbereiche geführt und entweder vor diesen mit der Zirkulation oder an der letzten Abnahmestelle zusammengelegt. In diesen Objekten kann es durch die verschiedenen Heizungssysteme und zusätzliche Brauchwasserleitungen mitunter zu verwirrenden Leitungsführungen kommen.

Die Betriebsweisen sind stark von den Arbeitszeiten abhängig. Bei Schichtbetrieb kommt es zu einer starken periodischen Abnahme mit einem hohen Gleichzeitigkeitsfaktor. Zwischen diesen Abnahmen stagniert das System weitestgehend.

Krankenhauseinrichtungen

Installationstechnisch sind Krankenhauseinrichtungen die komplexesten Einrichtungen des öffentlich-gewerblichen Bereichs. Technisch sind sie mit denen von Hoteleinrichtungen vergleichbar, bei denen ebenso eine Vielzahl von Zimmern mit Zapfstellen versorgt werden müssen. Daneben bestehen hochsensible OP-Anlagen und Therapieeinrichtungen, in denen überall Wasser genutzt wird.

Die große Zahl von Wasserentnahmestellen und zusätzlichen Installationen in medizinischen Einrichtungen macht die Vielfältigkeit hygienischer Probleme im Zusammenhang mit Wasserversorgungssystemen verständlich. Da es sich, abgesehen vom Personal, bei den in einem Krankenhaus befindlichen Personen um eine Risikogruppe handelt, ist natürlich auch bezüglich der Trinkwasserhygiene eine besondere Sorgfaltspflicht erforderlich. Hierzu gehören auch routinemäßige Wasseruntersuchungen und entsprechende Protokolle. Sanitärtechnische

◀ objektspezifische Besonderheiten

◀ vorwiegend Steigeleitungssysteme

◀ teils lange Standzeiten

◀ meist überschaubare Zirkulationssysteme

◀ komplexe Leitungssysteme

◀ vorwiegend Ringzirkulationssysteme

◀ hoher Gleichzeitigkeitsfaktor

◀ sehr komplexe Installationssysteme

◀ hohe Zahl von Entnahmeeinrichtungen

diskontinuierliche
Desinfektion schwierig ▶

Maßnahmen sind in der „Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen“ in den Ziffern 4.4.6 und 6.7 detailliert geregelt.

Da in Krankenhäusern von einer 24-stündigen Betriebszeit auszugehen ist, sind aus Gründen der Personensicherheit diskontinuierliche Desinfektionsverfahren, speziell chemische Grunddesinfektionen, nur schwer durchführbar.

3.2 Die Grunddesinfektion gebäudeinterner Trinkwasser-Installationssysteme

Gefahr von pathogenen
Mikroorganismen ▶

Selbst unter normalen Betriebsbedingungen ist innerhalb von Trinkwasser-Installationssystemen mit Biofilmen unterschiedlicher Ausprägung zu rechnen. Der Biofilm besteht aus auf der wasserbenetzten Innenoberfläche des Installationssystems siedelnden Kolonien von verschiedenartigen Mikroorganismen, zusammengehalten und geschützt von einer schleimigen, so genannten extrazellulären polymeren Substanz (EPS).

Solange ein Biofilm nur apathogene, d. h. nicht krankheitserregende Mikroorganismen beherbergt, geht von ihm keine Gesundheitsgefährdung aus. Ein hygienisches Problem entsteht, wenn auch pathogene Mikroorganismen den Biofilm besiedeln, deren an das Wasser abgegebene planktonische Lebensformen den Nutzer von sanitärtechnischen Einrichtungen gefährden.

Routineuntersuchungen
nicht ausreichend ▶

Je nach Art der Mikroorganismen besteht eine Infektionsgefährdung für Legionellose durch die Inhalation von legionellenhaltigen Aerosolen, bei Körper-, Haut- und Schleimhautkontakt (z. B. Pseudomonaden, atypische Mykobakterien und diverse Pilzformen) sowie bei der Aufnahme durch den Verdauungstrakt (z. B. Amöben). Um derartige Mikroorganismen festzustellen, sind mikrobiologische Routine-Untersuchungen für Trinkwasser nicht hinreichend, da diese lediglich Leitkeimuntersuchungen darstellen, die eine mögliche Verbindung von Trinkwasser und Abwasser feststellen. Bei jeglichem Verdacht auf Kontaminationen von Trinkwassersystemen sind spezielle Untersuchungen durch akkreditierte mikrobiologische Laboratorien und Hygieneeinrichtungen erforderlich. Im Sinne des Haftungsausschlusses des Unternehmers oder sonstigen Inhabers einer Wasserversorgungsanlage werden diese immer mehr zu einer lückenlosen Nachweispflicht ihres verantwortungsvollen Handelns gezwungen. Tritt eine Gesundheitsschädigung eines Nutzers durch Verkeimung des Systems auf, haftet ansonsten der Unternehmer/Inhaber automatisch.

Die TrinkwV schreibt stichprobenartige periodische Untersuchungen vor, u. a. für Gebäude mit Installationssystemen, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit abgegeben wird. Untersuchungen auf Legionellen erfolgen insbesondere, wenn im System eine Warmwasserversorgung mit angeschlossenen Duschen vorhanden ist.

effiziente Maßnahme:
chemische Grunddesinfektion ▶

Bestätigt eine möglichst regelmäßig durchzuführende mikrobiologische Untersuchung den Verdacht einer pathogenen Kontamination, so sind sofortige Desinfektionsmaßnahmen einzuleiten. Als eine besonders effiziente Sofortmaßnahme hat sich die chemische Grunddesinfektion herausgestellt, bei der über einen relativ kurzen Zeitraum (diskontinuierlich) innerhalb des Leitungssystems bis zu den Entnahmestellen mindestens 10 mg „freies Chlor“/l während der gesamten Einwirkdauer von mehreren Stunden wirksam wird. Diese hohen Desinfektionsmittelkonzentrationen werden erforderlich, um sämtliche Rohroberflächen mit Desinfizienzien zu beaufschlagen; letztlich mit dem Ziel der zuverlässigen Keimreduktion um den Faktor 10^5 . Nach Beendigung einer derartigen Grunddesinfektion wird das gesamte System solange gespült, bis an den Entnahmestellen der nach Trinkwasserverordnung zulässige Grenzwert von 0,3 mg „freiem Chlor“/l unterschritten wird. Beim Einsatz von Chlordioxid als Desinfektionsmittel beträgt der Äquivalenz-Messwert „freies Chlor“ als oberer Grenzwert 0,2 mg ClO_2 /l.

Sicherheitshinweise

Eine kontinuierliche Zugabe von in der Trinkwasserverordnung aufgeführten Desinfektionsmitteln mit niedrigen Konzentrationen ist zur Dekontamination stark kontaminierter Installationssysteme häufig nicht ausreichend. In diesen Fällen ist eine diskontinuierliche Zugabe von Chemikalien in hoher Konzentration im Rahmen einer Grunddesinfektion erforderlich. Beim Umgang mit diesen Desinfektionsmitteln sind die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften und die Gefahrenhinweise der Sicherheitsdatenblätter zu beachten.

Während der Grunddesinfektion muss das Eindringen von Desinfizienzien in nicht zu desinfizierende Abschnitte durch Schließen von Absperrarmaturen bzw. Trennen von Leitungsabschnitten vermieden werden. Innerhalb der eigentlichen Einwirkzeit sollten in dem behandelten Leitungsabschnitt vorhandene Entnahmemarmaturen betätigt werden, um diese zu desinfizieren. Während der Grunddesinfektion ist unbedingt sicherzustellen, dass aus den behandelten Leitungsabschnitten kein Wasser als Trinkwasser entnommen wird.

3.3 Thermische Desinfektion

Die optimalen Vermehrungsbedingungen finden Legionellen in Temperaturbereichen von 30°C bis 45°C. Während bei diesen Temperaturen die Verdoppelungszeiten bis auf wenige Stunden herabgesetzt sind, führen höhere Temperaturen zu verminderter Vermehrung bzw. sogar zur Abtötung der schädlichen Krankheitserreger. Über Abtötungstemperaturen existieren zahlreiche Untersuchungen, deren Ergebnisse sich im Wesentlichen decken.

Die niedrigste Abtötungstemperatur liegt bei 50°C – die Reduktionszeit beträgt dabei jedoch viele Stunden. In einem Temperaturbereich von 60°C bis 70°C reduziert sich die Abtötungszeit von ca. 2 Stunden bis auf wenige Minuten. Über 70°C sind für Legionellen tödlich, selbst wenn sie in hohen Konzentrationen vorhanden sind. Genau auf dieser Erkenntnis basieren Verfahren zur thermischen Desinfektion.

Es gilt jedoch zu beachten, dass die Aussagen zur Thermostabilität von Legionellen im Wesentlichen an planktonischen Spezies bzw. Platten- o. ä. Kulturen gewonnen wurden. In Biofilmen vegetierende Kolonien oder in Amöben inkorporierte Spezies können ein von diesen Ergebnissen erheblich abweichendes Thermoverhalten zeigen.

Wird im Trinkwassererwärmer zwar eine Temperatur von 70°C erzeugt, aber während der Durchführung der thermischen Behandlung die geforderten 70°C nicht an jeder Stelle im System bzw. an der Entnahmestelle erreicht, muss ein anderes Verfahren gewählt werden, denn eine thermische Desinfektion mit geringeren Temperaturen durchzuführen, ist nahezu aussichtslos, weil die einzuhaltende Zeitdauer bis zur Legionellenabtötung viel zu lang ist.

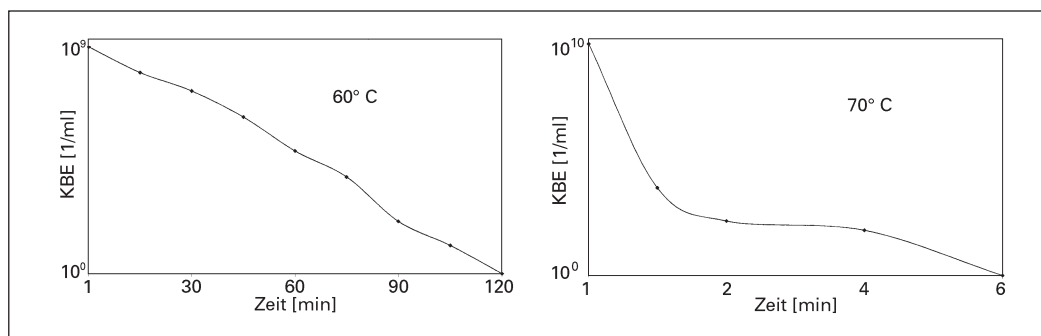


Diagramm 1: Absterbeverhalten von Legionellen in Abhängigkeit von der Temperatur

◀ Unfallverhütungsvorschriften

◀ Schutz vor unbefugter Nutzung

◀ Legionellen vermehren sich optimal bei Temperaturen von 30°C bis 45°C

◀ Temperaturen über 70°C führen zur raschen Abtötung

◀ 70°C an jeder Entnahmestelle erforderlich

3.3.1 Empfehlungen des DVGW gemäß Arbeitsblatt W 551

jede Armatur mindestens
3 Minuten öffnen ▶

Die thermische Desinfektion soll das gesamte System einschließlich aller Entnahmearmaturen erfassen.

Trinkwasserwärmer sind auf eine Temperatur von $> 70^{\circ}\text{C}$ aufzuheizen. Jede Entnahmestelle ist bei geöffnetem Auslass für mindestens 3 Minuten mit mindestens 70°C zu beaufschlagen. Temperatur und Zeitdauer sind unbedingt einzuhalten. Die Auslauftemperatur ist an jeder Entnahmestelle zu überprüfen.

Zirkulationssystem auf
 $> 70^{\circ}\text{C}$ hochfahren ▶

Damit bei Zirkulationssystemen das gesamte System (Warmwasser- und Zirkulationsleitung) von dieser Maßnahme erfasst wird, müssen während der Aufheizphase des Trinkwassererwärmers alle Entnahmestellen geschlossen sein; die Zirkulationspumpe muss im Dauerlauf betrieben werden. Dieser Betriebszustand wird solange aufrechterhalten, bis eine Temperatur von $> 70^{\circ}\text{C}$ in der Zirkulation vor Eintritt des Wassers in den Trinkwassererwärmer erreicht wird. Erst danach werden die Entnahmestellen nacheinander bei geöffnetem Auslauf thermisch desinfiziert.

Kontrolle der Temperatur ▶

Soweit möglich, sollten durch schnell reagierende Anlegefühler die Temperaturen an der Rohroberfläche kontrolliert werden. An den Rohroberflächen und an jeder Entnahmestelle muss eine Temperatur von 70°C erreicht werden und für mindestens drei Minuten anliegen, damit die thermische Desinfektion erfolgreich ist.

für Verbrühungsschutz
sorgen ▶

Für einen entsprechenden Verbrühungsschutz während der thermischen Desinfektion ist zu sorgen.

Nach Abschluss der thermischen Desinfektion ist die Anlage in den bestimmungsgemäßen Betrieb zurückzuführen.

3.3.2 Automatisches Steuerungskonzept

Zyklen der thermischen
Desinfektion empirisch
ermitteln ▶

Die Häufigkeit durchzuführender thermischer Desinfektionen innerhalb eines Leitungssystems ist auch aus Sicherheitsgründen empirisch zu ermitteln. Hier gilt es, ein Optimum an Hygiene zu erlangen und gleichzeitig den Verbrauch an Wasser bzw. Energie so gut wie möglich zu beschränken. Weiterhin werden durch die hohen Temperaturen bei thermischen Desinfektionen die Systeme nicht unwesentlich, z. B. durch Kalkablagerungen, belastet.

automatische
Steuerungssysteme
verwenden ▶

Um periodisch zu wiederholende thermische Desinfektionen so effizient wie möglich durchführen zu können, sind automatische Steuerungskonzepte besonders geeignet. Eine optimale Voraussetzung hierfür bieten elektronische Mischwasserstationen in Verbindung mit elektronisch, z. B. durch Zeitsteuerung, geregelten Sanitärarmaturen. Über eine vorhandene Schnittstelle an der Mischwassereinheit kann sogar die Aufschaltung auf Systeme der Gebäudeleittechnik erfolgen. Über die Einbindung der Armaturen in die Gesamtsteuerung entfallen Personalaufwendungen, die bei manuellem einzelnen Öffnen der Armaturen sonst notwendig wären.

Trinkwasser-Desinfektion

Verfahren der Trinkwasserdesinfektion

Das Verfahren

Der Warmwasserspeicher wird auf ein Mindesttemperaturniveau von 70°C gefahren. Wegen eventueller Temperaturverluste in den Rohrleitungssystemen empfiehlt sich eine Speichertemperatur von 80°C. Das den Speicher verlassende Warmwasser wird mittels eines Temperaturfühlers überprüft. Sobald 70°C überschritten sind, wird über eine angeschlossene Automationsstation der Prozess der thermischen Desinfektion ausgelöst. Hierzu wird im Falle des Vorhandenseins einer elektronischen Mischwasserstation zunächst die Mischeinheit des elektronisch geregelten Thermostaten in ihre Endposition gefahren, um im Zirkulationssystem Wasser mit über 70°C zur Verfügung zu stellen. Diese Temperatur wird abgangsseitig des Mischers sowie im Zirkulationsrücklauf kontrolliert und der Steuereinheit gemeldet. In Installationssystemen ohne thermische Mischwasserstation wird das Temperaturregime im Warmwasser führenden, zirkulierenden Installationsbereich direkt kontrolliert und an die Steuereinheit gemeldet.

Ist das Gesamtsystem ausreichend erwärmt, erfolgt gruppenweise automatisch das Öffnen der Armaturen über einen Zeitraum von mindestens 3 Minuten. An der am thermisch und strömungstechnisch ungünstigsten gelegenen Entnahmestelle wird zu Kontrollzwecken die Austrittstemperatur gemessen. Diese muss zur erfolgreichen Durchführung der Desinfektion ebenfalls 3 Minuten anliegen und mindestens 70°C betragen.

Nach Beendigung der thermischen Desinfektion wird die Anlage wieder in den Normalbetrieb umgeschaltet. Die Armaturen bleiben geöffnet und dem System wird solange Kaltwasser zugeführt, bis die Mischwasserseite sich wieder auf die gewünschte Solltemperatur von z. B. 42°C eingespielt hat.

Um ein Verbrühungsrisiko von Nutzern auszuschließen, sind unbedingt folgende Sicherheitsmaßnahmen zu treffen:

- Thermische Desinfektionen sollten außerhalb der Nutzungszeiten z. B. nachts oder während der Ferien erfolgen.
- Alle räumlichen Zugänge zu den Sanitäranlagen sollten versperrt sein.
- Zusätzliche Warnleuchten und z. B. Bewegungsmelder zur Raumüberwachung sind, soweit erforderlich, in das System mit einzubinden.

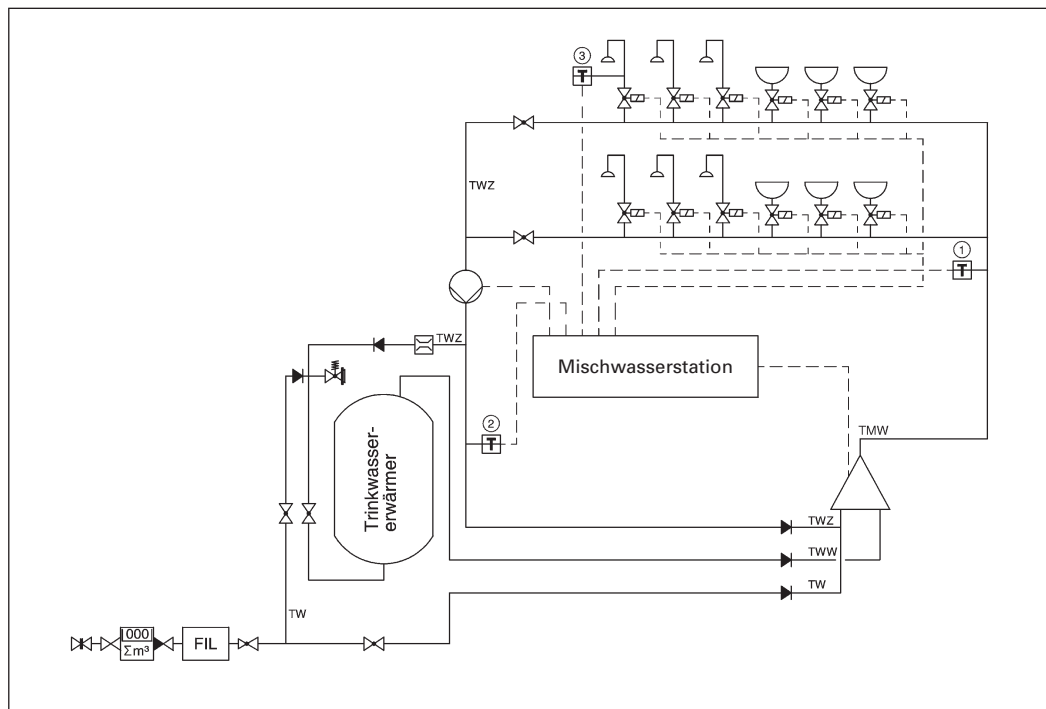


Bild 2: Schaltschema einer thermischen Desinfektion

◀ Speichertemperatur möglichst auf 80°C aufheizen

◀ gruppenweise Armaturen spülen

◀ Sicherheitsmaßnahmen

3.4 Elektrolytische Desinfektion

Das Funktionsprinzip der Elektrolyse

Hauptwirkstoff ►
unterchlorige Säure

Die elektrolytische Erzeugung von „freiem Chlor“ als Desinfizienz beruht auf der elektrochemischen Erzeugung von desinfizierend wirkenden Stoffen aus dem Wasser selbst und seinen natürlichen Inhaltsstoffen, hauptsächlich der Umwandlung von Chlorid-Ionen (Cl^-) in unterchlorige Säure (HOCl) bzw. Hypochlorit-Ionen (ClO^-) als desinfizierend wirkende Komponenten.

Erzeugung von ►
Desinfizenzien aus
natürlichen Wasserinhalts-
stoffen

Nativ in Trinkwasser enthaltene oder bedarfsweise in Form von Natriumchlorid (NaCl , „Kochsalz“) dem Wasser zugesetzte Chlorid-Ionen werden an der Anode von mit Gleichspannung beaufschlagten Spezial-Elektroden oxidiert unter Bildung des „freien Chlors“ (HOCl , ClO^-).

Diese Reaktion findet in einer Elektrolysezelle statt, in der das Chlorid-Ionen enthaltende Wasser (Elektrolyt) entweder stagniert („Batch“-Verfahren) oder fließt (Durchfluss-Verfahren).

Die jeweils elektrolytisch erzeugte Menge an „freiem Chlor“ ist u. a. abhängig von

- der Konzentration der Chloridionen im Elektrolyten
- dessen Temperatur
- und der umgesetzten Strom-Menge (Ah).

Desinfizenzentwicklung ►
steuer- und regelbar

Mit diesen Parametern lässt sich folglich die elektrolytische Erzeugung von „freiem Chlor“ steuern und regeln. Dies ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Nutzung des Verfahrens im Rahmen der Trinkwasserdesinfektion, um die sichere Einhaltung der zugelassenen Grenzwerte an den Trinkwasser-Zapfstellen mit (0,1 ... 0,3) mg „freies Chlor“/Liter zuverlässig zu gewährleisten.

Die nach dem diskontinuierlichen Batch-Prinzip funktionierende Elektrolyse liefert bei entsprechender Prozess-Gestaltung eine wässrige Vorrats-Lösung von „freiem Chlor“ (Stammlösung), geeignet für Dosierzwecke.

Die kontinuierliche Durchfluss-Elektrolyse kann sowohl für die Herstellung einer Dosier-Stammlösung entsprechender Konzentration an „freiem Chlor“ wie auch zur Generierung eines erforderlichen Desinfektionspotentials im fließenden Wasser selbst genutzt werden.

2 Verfahrensvarianten ►

Damit stehen 2 Verfahrensvarianten zur Verfügung, mittels derer mikrobielle Kontaminationen gebäudeinterner Trinkwasserversorgungsanlagen – speziell öffentlich-gewerblicher Nutzung – verhindert oder beseitigt werden können.

zuverlässiges Abtöten ►
von Mikroorganismen

Mit Hilfe der elektrolytischen Desinfektion lassen sich nicht nur die Keimzahlen planktonisch verteilter pathogener Mikroorganismen (wie Legionellen, Pseudomonaden, atypische Mykobakterien usw.) um den für eine Desinfektion erforderlichen Reduktionsfaktor 5 (RF 5 = Reduzierung der Keimzahl um 5 Zehnerpotenzen), sondern auch Biofilme – zumindest mittelfristig – abbauen.

Während mit den elektrolytisch erzeugten Desinfizenzien in neu errichteten Installationssystemen die Entwicklung von Biofilmen praktisch unterbunden werden kann, inhibieren sie in älteren und bereits kontaminierten Trinkwasser-Versorgungssystemen anhaltend die aus einem vorhandenen Biofilm emittierten fluiden Spezies und bewirken infolge permanenter Einwirkung letztlich auch die Inhibierung des Biofilms selbst.

Trinkwasser-Desinfektion

Verfahren der Trinkwasserdesinfektion

3.5 Verfahren der Elektrolytischen Desinfektion

AQUADES DOS – Desinfektionsanlage für nicht zirkulierende Trinkwassersysteme

Nach dem diskontinuierlichen Batch-Verfahren wird in einer standardisierten Elektrolysezelle (s. Bild 3)

- aus einem definierten Volumen einer wässrigen Natriumchloridlösung konstanter Konzentration
- an strom-stabilisierten mischoxid-beschichteten Titanium-Elektroden
- in einem stets gleichen Zeitintervall
- eine Stammlösung in von Zyklus zu Zyklus stets der gleichen Konzentration an „freiem Chlor“

hergestellt.

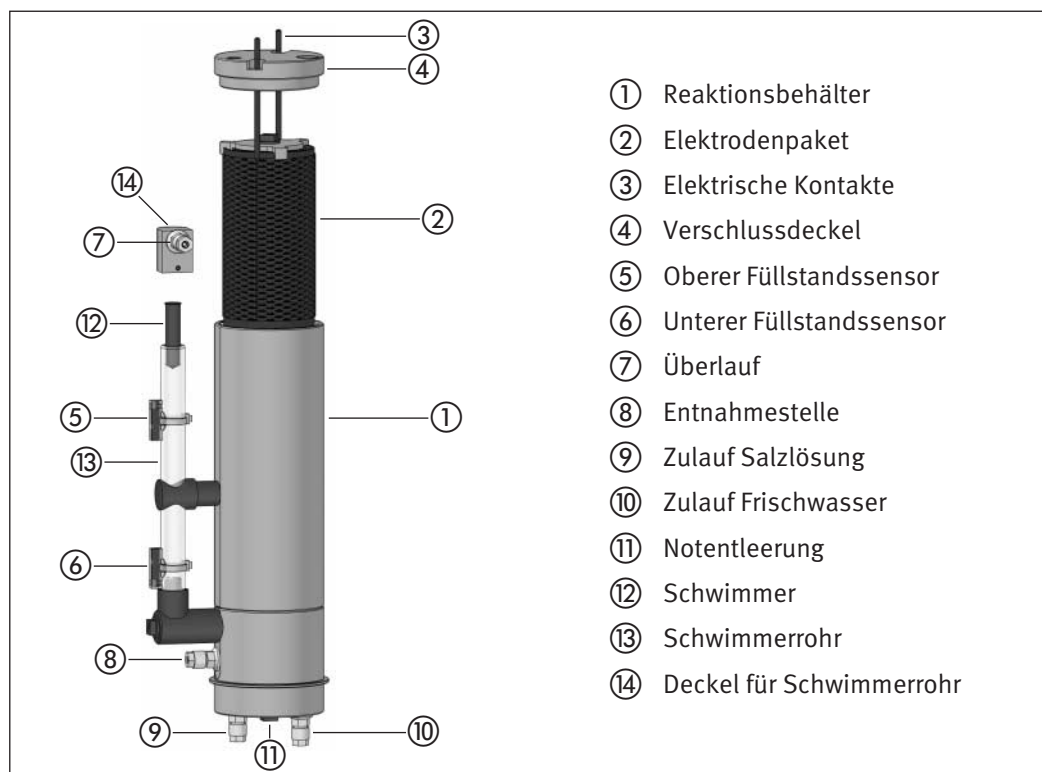


Bild 3: Aufbau einer AQUADES DOS-Elektrolysezelle

Nach dem zeitgesteuerten Abschluss des Elektrolysevorganges erfolgt die automatische Überführung dieser Dosier-Stammlösung in einen Vorratsbehälter, aus dem die volumen-proportionale Dosierung an einer technisch und hydraulisch günstigen zentralen Position in das fließende Trinkwasserleitungssystem vorgenommen wird.

Die auf die hydraulischen Bedingungen der Versorgungsanlage angepasste Dosierpumpe wird über einen in seinen Betriebsparametern exakt definierten Kontaktwasserzähler gesteuert, so dass das den Verbrauchern zuzuführende Trinkwasser den verordnungsgerechten desinfektionswirksamen Gehalt an „freiem Chlor“ aufweist.

Der Ablauf des Zyklus

- Befüllen der Elektrolysezelle mit Elektrolyten (NaCl-Lösung definierter Konzentration)
- Elektrolyse (Erzeugung der wässrigen Lösung an „freiem Chlor“ gleicher Konzentration)
- Überführen der Stammlösung in den Dosierbehälter und
- volumenstrom-proportionale Dosierung in das Trinkwasserleitungssystem

wird über Füllstandssensoren kontrolliert und elektronisch gesteuert.

Trinkwasserhygiene
Desinfektion

◀ exakt gesteuerte Dosierung

◀ automatischer Prozessablauf

Trinkwasser-Desinfektion

Verfahren der Trinkwasserdesinfektion

AQUADES EL – Desinfektionsanlage für zirkulierende Trinkwassersysteme

Die kontinuierliche Durchflusselektrolyse arbeitet ebenfalls nach dem beschriebenen Prinzip der elektrolytischen Erzeugung von „freiem Chlor“ an einer Spezial-Anode. Sie hat das Ziel der Keimreduktion von im Trinkwasser vorhandenen planktonisch verteilten pathogenen Spezies um den Reduktionsfaktor RF 5 sowie die mittelfristige Inhibierung von Biofilm auf den wasserbenetzten Innenoberflächen der Installationsmaterialien. Hierfür wird aus dem Vorlaufstrom des Versorgungswassers eines Zirkulationssystems ein Teilstrom entnommen, im Bypass über die Elektrolyseanlage geführt, in welchen die Erzeugung von „freiem Chlor“ erfolgt und als desinfizienzhaltiger Teilstrom in den Vorlaufstrom reinjiziert wird.

Die elektrolytische Erzeugung des erforderlichen „freien Chlors“ erfolgt in einer Durchfluss-Elektrolysezelle (s. Bild 5), ausgestattet mit mischoxid-beschichteten, gleichstrombeaufschlagten und umpolbaren Titanium-Elektroden.

Die Effizienz der Bildung von „freiem Chlor“ ist – neben anderen Zellcharakteristika – abhängig von

- der Wassertemperatur
- der Durchflussmenge (Verweildauer des Wassers im Elektrodenraum)
- der Konzentration an Chloridionen
- der umgesetzten Strommenge (Ah).

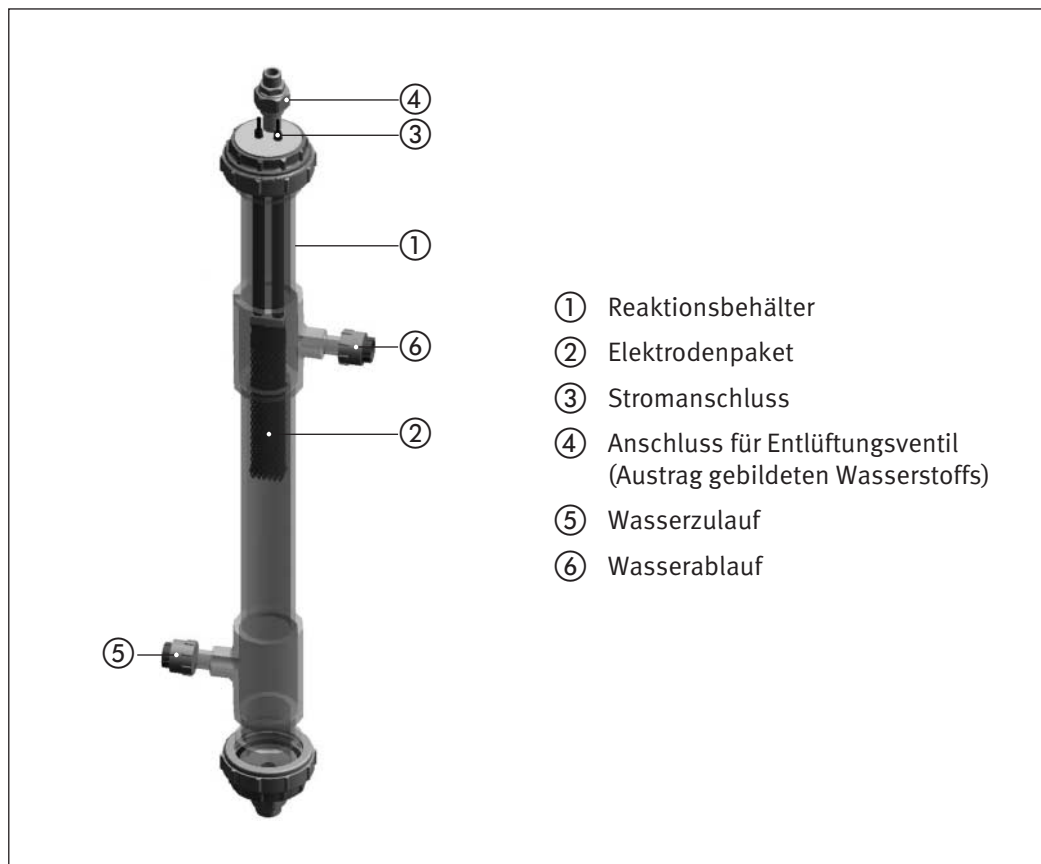


Bild 5: Aufbau einer AQUADES EL-Durchflusselektrolysezelle

Mittels dieser Abhängigkeiten ist die Bedarfsmenge an „freiem Chlor“ entsprechend der relevanten analytischen Parameter (insbesondere Chlorid-Gehalt) des zu behandelnden Trinkwassers, der Füllmenge des gesamten zirkulierenden Systems sowie des Wasserverbrauchs und in Bezug auf die einzuhaltenen Grenzwerte an den Zapfstellen ((0,1 ... 0,3) mg „freies Chlor“/Liter) abschätzbar.

◀ Wirkung ohne Chemikalieneintrag

◀ Einflussfaktoren

Verfahren der Trinkwasserdesinfektion

Einhaltung der Trinkwasserverordnung ▶	Um die sichere Wirkung der Elektrolyseanlage gewährleisten zu können, ist unbedingt eine automatische Steuerung und Überwachung des Anlagenbetriebes erforderlich. Das wird mittels moderner Steuer- und Regelkomponenten mit Speicher- und Auswertefunktionen realisiert. Schließlich geht es um die Gewährleistung der Funktionsweise und nicht zuletzt um die Einhaltung der durch die Trinkwasserverordnung vorgegebenen Grenzwerte, z. B. „freies Chlor“ in dem Bereich von 0,1 ... 0,3 mg/l.
moderne Mess- und Regeltechnik ▶	Mittels geeigneter Sensoren sowie einer Messwerterfassung und -verarbeitung ist es möglich, die Anlage in ihrem Betrieb so zu steuern, dass sie unter allen relevanten Betriebszuständen eine optimale Desinfektionsleistung erbringt. Ein derartiges System benötigt moderne Mess- und Regeltechnik, die Daten ermittelt, auswertet, entsprechende Prozesse einleitet und z. B. zur Protokollierung und Überwachung über Modemfunktionen mit einem Zentral-Computer bzw. der Gebäudeleittechnik verbunden ist.
Anlagenbetrieb im Bypass ▶	Anlagenbeschreibung (s. hierzu Bild 6): Die von AQUAROTTER entwickelte AQUADES EL-Elektrolyseanlage wird installationsseitig generell im Bypass betrieben. Aus der TWw-Vorlaufleitung wird ein Teil des zu desinfizierenden Wassers über eine Zirkulationspumpe (11) entnommen. Während des Betriebs der Elektrolysezelle (2) wird ständig die Temperatur (9), die Durchflussmenge (6) und die Leitfähigkeit des Wassers (10) gemessen. Die in der Elektrolysezelle im Bypassstrom erzeugten Wirkstoffe werden in den Hauptstrom eingemischt.
Chlormesstechnik ▶	Über die speziell für diese Anwendung entwickelte Chlormesstechnik (3) wird die Konzentration an „freiem Chlor“ an zwei Messpunkten erfasst – zum einen nach dem Einmischen in den Hauptstrom und am Ende der Zirkulationsleitung. Hierzu wird das jeweilige Messwasser über die Magnetventile der Chlormesstechnik zugeführt. Alle Messwerte werden in der Steuereinheit registriert, über die integrierte intelligente Software ausgewertet und zur Steuerung der Anlage genutzt.
freies Chlor 0,1 ... 0,3 mg/l ▶	Der im Hauptstrom anliegende Wert für die Konzentration an „freiem Chlor“ ist die wichtigste Kenngröße für die Steuerung der Elektrolysezelle. Durch Veränderung der Stromstärke bzw. über An- und Abschaltung wird „freies Chlor“ im durch die Trinkwasserverordnung vorgeschriebenen Bereich (0,1 ... 0,3) mg/l produziert. Soweit objektspezifisch besondere Anforderungen bestehen, lässt sich dieses Bereichsintervall beliebig variieren.
Chloridionen Konzentration > 20 mg/l ▶	Die für die elektrolytische Desinfektion notwendige Erzeugung von unterchloriger Säure ist abhängig von der Chloridionen-Konzentration des Wassers. Eine effiziente Betriebsweise erfordert Chloridkonzentrationen von > 20 mg/l. Enthält das zu desinfizierende Wasser diesen Mindestgehalt an Chloridionen nicht bzw. ist die Wasserentnahmemenge sehr hoch, wird eine zusätzliche Zufuhr von Natriumchlorid (Kochsalz) in das der Elektrolyse zu unterziehende Bypass-Wasser erforderlich. Hierfür ist die Elektrolyseanlage mit einer Kochsalzsole-Dosiereinheit ausgestattet. Zur Bestimmung der Chloridionen-Konzentration wird die Leitfähigkeit des Wassers im Bypass über einen Sensor (10) ständig überwacht. Bei Unterschreitung eines für die Chloridionen-Konzentration wirkungsvollen Wertes der elektrischen Leitfähigkeit wird über die Steuereinheit eine Dosierpumpe (8) zugeschaltet, die aus einem Vorlagebehälter Kochsalzsole bis zum stabilen Einstellen der vorgewählten Chloridionen-Konzentration in das Bypass-Wasser injiziert. Die im Bypass injizierte Kochsalzlösung wirkt sich nicht signifikant auf die Konzentration im Hauptwasserstrom aus.
Sicherheitsschaltung ▶	Vorlauftemperaturen von über 70°C, z. B. bei einer thermischen Desinfektion über einen Zeitraum von mehreren Minuten, würden beim Betrieb der Elektrolyseanlage die Spezialelektroden der Elektrolysezelle schädigen. Um dies auszuschließen, überwacht ein Sensor (9) permanent die Wassertemperatur in der Anlage und schaltet bei Überschreitung eines vorgegebenen Maximalwertes die Zirkulationspumpe und die anliegende Spannung an der Elektrolysezelle bis zur Wiedereinstellung der Normtemperatur ab.
ständige Überwachung aller Funktionen ▶	Sämtliche Betriebszustände und Anlagenfunktionen der Elektrolyseeinheit werden überwacht und protokolliert. Alle Messwerte, Steuersignale und Regelvorgänge werden in der Automationsstation hinterlegt und regelmäßig für Auswertungen und Protokollzwecke abgerufen. Die Überwachung der Anlage und die Protokollierung der Anlagedaten erfolgt per Modem auf einem Zentralrechner. Parallel ist die Aufschaltung auf Systeme der Gebäudeautomation möglich (z. B. Sammelstörmeldung). Mit Hilfe dieser Technologie werden eventuell erforderliche Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten schnell erkannt und können besonders effizient durchgeführt werden.

Trinkwasser-Desinfektion

Verfahren der Trinkwasserdesinfektion

Die AQUADES DOS- und AQUADES EL-Trinkwasserdesinfektionsanlagen entsprechen den einschlägigen Forderungen und Kriterien wie

- ❑ DIN 19 653 „Dosiergeräte zur Behandlung von Trinkwasser“ (11/92)
- ❑ DVGW Merkblatt W 203 „Begriffe der Chlorung“
- ❑ DVGW Arbeitsblatt W 291 „Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen“
- ❑ DVGW Arbeitsblatt W 229 (Entwurf: Stand vom Juni 2004) „Chlor in der Wasserversorgung“,
- ❑ Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 der Trinkwasserverordnung 2001 (Stand Dezember 2004)
Teil I C „Aufbereitungsstoffe, die zur Desinfektion des Wassers eingesetzt werden“ – Chlor
Teil II „Desinfektionsverfahren“ –
Elektrolytische Herstellung und Dosierung von Chlor vor Ort

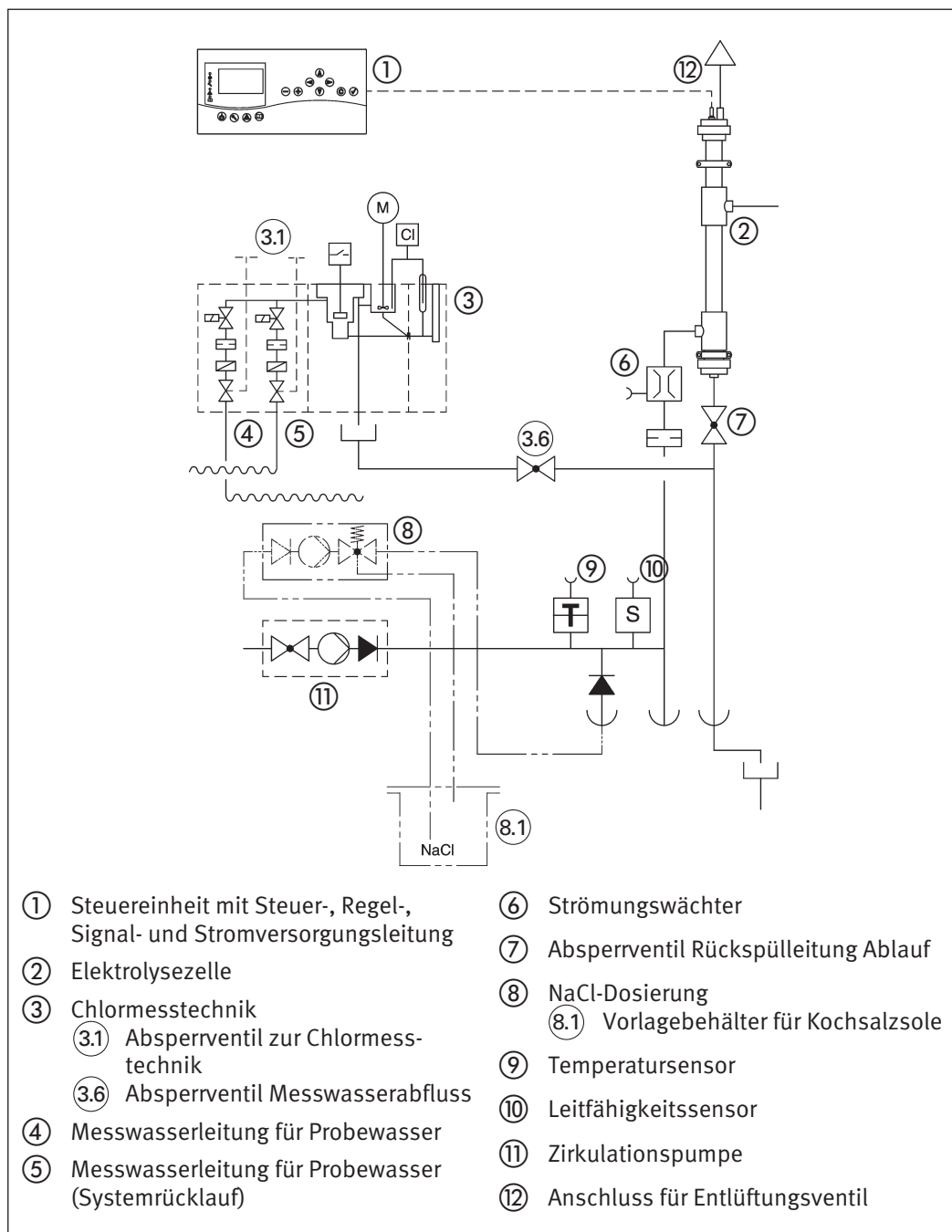


Bild 6: Funktionsschema einer AQUADES EL-Elektrolyseanlage