

# Leitfaden zur Legionellenbekämpfung mit Chlordioxid-Anlagen Oxiperm<sup>®</sup> Pro



Was sind Legionellen?	2
Wie wirken Legionellen?	3
Wo findet man Legionellen?	3
Welche Pflichten hat der Betreiber einer Wasserversorgungsanlage?	4
Mit welchen Verfahren werden Legionellen bekämpft?	5
Warum ist Chlordioxid das Mittel der Wahl?	6
Wie erfolgt die Anwendung nach Trinkwasserverordnung?	6
Wie funktioniert die Oxiperm® Pro?	7
Wo wird die Oxiperm® Pro installiert?	7
Welche Installationsvarianten gibt es?	8
Wie wird eine erfolgreiche Sanierung durchgeführt?	11
Vorbeugende Installation vs. Minimierungsgebot des DVGW?	11

## Grundlagen

### Was sind Legionellen?

Legionella pneumophila – das Bakterium, das mit über 90 % der Fälle von Legionärskrankheit in Verbindung steht – ist ein stabförmiges Bakterium der Legionellaceae Familie. Diese Familie wird weiter unterteilt in unterschiedliche Serogruppen (üblicherweise 1 – 16). Es gibt noch mindestens 37 weitere Spezies der Legionella, die inzwischen bekannt sind. Andere wie *L. micdadei* und *L. feelei* sind ebenfalls mit Erkrankungen in Verbindung gebracht worden.

Wegen ihrer Anpassungsfähigkeit auch an üblicherweise lebensfeindliche Bedingungen und ihrer weitgehenden Resistenz gegen Biozide, muss ihrer Bekämpfung besondere Bedeutung beigemessen werden.



Abbildung 1: Legionella pneumophila in der mikroskopischen Ansicht

### Wie wirken Legionellen?

Gefährlich werden Legionellen für den Menschen immer dann, wenn eine hohe Konzentration an Legionellen auftritt, die über Aerosolbildung (Wasserdampf durch Duschen, in Klimaanlage o. Ä.) verteilt und eingeatmet wird. Bereits eine kurze Kontaktzeit genügt hier, um auch bei gesunden Menschen eine Infektion hervorzurufen.

Legionellen (speziell Legionella Pneumophila) rufen nach einer Inkubationszeit von 2 – 10 Tagen eine besondere Form der Lungenentzündung (Legionellose) hervor, die einhergehen kann mit dem sogenannten Pontiakfieber. Nach Schätzungen des Statistischen Bundesamtes erkranken jährlich 25.000 bis 30.000 Menschen in Deutschland an Legionellose. Bei geschwächter Immunabwehr (hohes Alter, andere Erkrankungen, Raucher, Sportler nach Wettkämpfen) kann die Erkrankung tödlich verlaufen, wenn sie nicht innerhalb der ersten vier Tage behandelt wird. Die Infektion erfolgt über inhalierte Tröpfchen (Aerosole), die an Entnahmestellen von Trinkwasser entstehen. Hierbei ist zu beachten, dass die Definition von Trinkwasser weit über den Gebrauch als Getränk oder zur Zubereitung von Speisen hinausgeht.

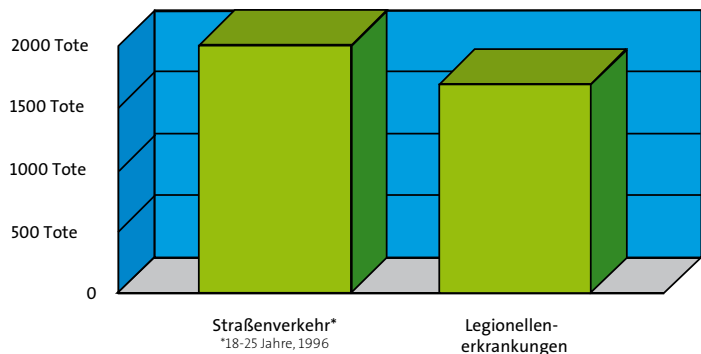


Abbildung 2: Anzahl Tote im Straßenverkehr und durch Legionellose in Deutschland 1996

## Wo findet man Legionellen?

Legionellen sind ein natürlicher Bestandteil der Mikroflora des Wassers in Flüssen, Seen und dem Boden, doch normalerweise in geringer Zahl. Bedingungen, die das Wachstum der Legionellen begünstigen, sind Wassertemperaturen zwischen 20°C und 50 °C und eine Nährstoffquelle – besonders andere biologische Substanzen oder Ablagerungen wie Rost oder Kalk. Legionellen geraten über Zuläufe von Oberflächenwasser vor der Aufbereitung in Wasserwerken in das Trinkwassernetz.

Generell bieten Warmwassersysteme mit geringem Durchsatz, Stagnationsstrecken oder schlecht gewarteten Boilern ideale Wachstumsbedingungen für Legionellen. Besonders im Temperaturbereich von 30 – 50 °C vermehren sich die Legionellen stark. Legionellen nisten sich in Biofilmen ein und sind daher für die meisten chemischen Desinfektionsmittel und für alle chemiefreien Desinfektionstechniken nicht erreichbar.

Ein Biofilm besteht zumeist aus gemischten Kolonien von Mikroorganismen (Bakterien, Algen, Pilze, Protozoen), die miteinander verbunden sind. Insgesamt haften diese einem Substratum an und sind vollständig oder teilweise in eine von dem Organismus produzierte polymere organische Masse (Schleim), so genannte extrazelluläre Polymersubstanz (EPS), eingebunden. Der gallertartige Film bietet ideale Bedingungen - nämlich Nahrung und Schutz - für die permanente Kontamination von Trink- oder Prozesswasser durch krankheitserregende Mikroorganismen wie Pseudomonaden, Pilze, Mykobakterien, Viruserregern und insbesondere Legionella-Bakterien.

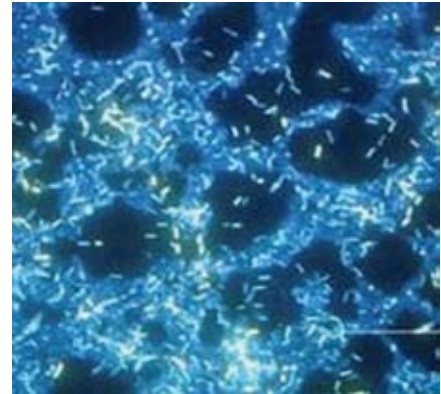
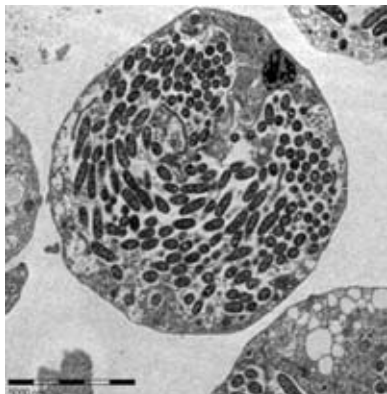


Abbildung 3: Legionellen im Biofilm



Hinzu kommt, dass sich Legionellen in Amöben als Wirtskörpern vieltausendfach vermehren und dann durch den Wasserstrom aus dem Biofilm ausgetragen werden. Werden nun diese Amöben über den Perlator eines Duschkopfes oder Wasserhahns ausgespült, so platzen die Wirtskörper aufgrund des Druckabfalls auf und setzen zehntausende Legionellen frei. Die Aerosole werden vom Menschen eingeatmet, mit den oben genannten Folgen.

Abbildung 4: Hartmannella vermiformis Amöbe angefüllt mit Legionella pneumophila

Wenn beides betrachtet wird, günstige Bedingungen, die das Wachstum der Legionellen unterstützen und die Entstehung von inhalierbaren Aerosolen bei einer Wassertropfengröße zwischen 3 und 5 µm, stellen folgende Systeme ein Risikopotential dar:

- Versorgung mit heißem und kaltem Wasser aus Wasserhähnen und Duschen in Wohnungen, Hotels, Altersheimen, Sportstätten, usw.
- Wassersysteme in Verbindung mit einem Kühlturm
- Wassersysteme in Verbindung mit einem Verdampfer
- Klimaanlage oder Befeuchtungsanlagen
- Andere Anlagen oder Systeme, die Wasser führen, dessen Temperatur 20 °C übersteigen kann und die Wasserdampf verbreiten, wenn sie benutzt oder gewartet werden. Beispiele sind Whirlpools, Kurbäder, Zierspringbrunnen und Farbspritzkabinen.

## Welche Pflichten hat der Betreiber einer Wasserversorgungsanlage?

Die gesetzlichen Grundlagen stellen in erster Linie:

- 1) das Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz, IfSG)
- 2) die Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung, TrinkwV).

Übergreifende Richtlinien (Regelwerk EU Wasser) finden sich in 98/83 EG des Rates der Europäischen Union über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.

Laut §37 IfSG gilt: *Wasser für den menschlichen Gebrauch muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist.*

Zu den meldepflichtigen Krankheitserregern gehören u. a. Legionellen (IfSG §§ 6, 7).

Seit Januar 2003 gilt die neue Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001), die für Betreiber von wassertechnischen Anlagen einige wichtige Änderungen beinhaltet. Dies betrifft sowohl öffentliche wie private Wasseranlagen. Die einwandfreie Qualität des Wassers muss an der Entnahmestelle, also auch innerhalb von Hausinstallationen, gegeben sein. Die Wasserversorger sind aber nur bis zum Hauptwasserzähler für die Wasserqualität verantwortlich.

**Das bedeutet, dass die Eigentümer oder Betreiber von Wasseranlagen in öffentlichen Gebäude oder Wohnhäusern selbst die volle Verantwortung für die Qualität ihrer Wasseranlagen bis hin zur Entnahmestelle tragen.**

Die TrinkwV schreibt regelmäßige Überprüfungen der Wasserqualität für Wasserversorger und für öffentliche Einrichtungen vor. Der periodischen Untersuchung unterliegt auch die Untersuchung auf Legionellen in zentralen Erwärmungsanlagen der Hausinstallation.

Das Gesundheitsamt hat eine Untersuchungspflicht für Wasserversorgungsanlagen, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit abgegeben wird. Es gibt landesgültige Prioritätenlisten, nach denen die Gebäude untersucht werden (Hotels, Altenheime, Krankenhäuser zuerst). Das Gesundheitsamt bestellt meist ein Labor, um eine Wasserprobe aus dem Gebäude zu überprüfen. Bei positivem Befund werden Betreiber, Planer und Ausführer an einen Tisch geholt, um die Abhilfemaßnahmen zu besprechen. Die Gesundheitsämter sind berechtigt, bei Überschreitung der Grenzwerte notfalls eine Stilllegung der gesamten betroffenen Wasserversorgungsanlage anzuordnen.

In privaten Gebäuden erfolgt die Überprüfung des Trinkwassers nach Aufforderung bzw. Anzeige.

**Zu widerhandlungen gegen die Bestimmungen können nach §§24-25 TrinkwV und §74-75 IfSG geahndet werden.**

- bei Ordnungswidrigkeit (vorsätzlicher oder fahrlässiger Verstoß) bis zu 25.000 € Geldstrafe
- bei Straftatbestand (vorsätzlicher Verstoß mit Verbreitung von Krankheitserregern) bis zu 5 Jahren Gefängnisstrafe.

Damit es nicht soweit kommt, ist eine zuverlässige Entfernung der Verkeimung oder noch besser vorbeugende Behandlung des Installationssystems nötig.

# Vergleich der Verfahren

## Mit welchen anderen Verfahren werden Legionellen bekämpft?

Verfahren und Eigenschaften	Nachteile
<p><b>Thermische Behandlung</b></p> <p>Die am häufigsten verwendete Maßnahme gegen Legionellen ist die thermische Desinfektion.</p> <p>Legionellen beginnen bei Temperaturen oberhalb 60 °C abzustarben, so dass eine thermische Bekämpfung durch Erhitzen der infizierten Wasseranlage möglich ist.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es muss über mehrere Minuten eine Temperatur von ca. 70 °C im gesamten Leitungssystem eingestellt werden. Dies ist bei gängigen Installationen jedoch selten zu erreichen, da das Wasser bis zu den Entnahmestellen wieder abkühlt.</li> <li>• Es werden nicht alle Entnahmestellen erreicht (z. B. in Wohnanlagen).</li> <li>• Akute Verbrühungsgefahr, wenn die Entnahmestellen frei zugänglich sind</li> <li>• Erhöhte Kalkausfällungen mit entsprechenden Schäden im System</li> <li>• Irreparable Schäden und Leckagen in älteren Installationen durch thermische Ausdehnung</li> <li>• Der Biofilm mit eingekisteten Keimen wird nicht erreicht. Daher kommt es zwischen den Behandlungszyklen immer wieder zum Anstieg der Verkeimung.</li> </ul>
<p><b>UV-Strahlung</b></p> <p>Keine Chemikalienzugabe.</p> <p>Bei geringer bakterieller Belastung des Wassers ausreichender Schutz möglich</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abtötungsrate bei hohen Legionellenkonzentrationen ist zu niedrig und eine zusätzliche Schockbehandlung mit Chlor oder Chlordioxid ist nötig.</li> <li>• Für eine ausreichende Strahlungsintensität an UV-Licht sind relativ große Geräte erforderlich. Erfolgt trotzdem nur eine teilweise Zerstörung der Legionellen, so ist die ganze Maßnahme erfolglos.</li> <li>• Auf keinen Fall wird der Biofilm im Rohrleitungsnetz und somit die Grundlage für die Legionellenvermehrung erfasst.</li> </ul>
<p><b>Filtration</b></p> <p>Mikrofilter oder Membranenfilter können Bakterien, Viren, Schwebstoffe und andere unerwünschte Elemente aus dem Wasser filtern.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kein ausreichender Schutz gegen Legionellen und andere Mikroorganismen, die durch Rückverkeimung von der Zapfstelle die Leitung infizieren können.</li> <li>• Keine Wirkung auf den Biofilm.</li> </ul>
<p><b>Hypochloritlösung</b></p> <p>Als wirksame Alternative können Desinfektionsmittel dienen, die sowohl die Krankheitserreger als auch den Biofilm bekämpfen. Oftmals wird Chlor in Form von Hypochloritlösung als Desinfektionsmittel eingesetzt, die in das Installationssystem dosiert wird.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Legionellen zeigen eine deutlich höhere Chlorresistenz als viele andere Bakterien, wie zum Beispiel Escherichia Coli. In Versuchen konnte gezeigt werden, dass Legionellen 40-mal so lange brauchen, um auf die gleiche Restkeimanzahl reduziert zu werden wie E. Coli.</li> <li>• Es werden nur freie Legionellen erfasst, da der Biofilm nicht durchdrungen oder abgebaut wird. Ab einem Chlorüberschuss von 2 ppm im biofilmbelasteten Leitungssystem kann eine Legionellenanzahl konstant unter dem Toleranzwert 100 KBE (kolonienbildende Einheiten) pro 100 ml gehalten werden.</li> </ul>

## Warum ist Chlordioxid das Mittel der Wahl?

Chlordioxid	Vorteile
<p>Immer häufiger wird Chlordioxid als Desinfektionsmittel zur Legionellenbekämpfung eingesetzt.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutlich höhere Desinfektionswirkung bei gleicher Konzentration mit Chlordioxid als bei Chlor.</li> <li>• Höhere Depotwirkung für nachhaltigere Desinfektion.</li> <li>• Selektive Wirkung, d.h. keine Bildung von toxischen Chloraminen und Haloformen (THM) und keine Beeinträchtigungen bzgl. Geruch oder Geschmack.</li> <li>• Chlordioxid hat vor allem den entscheidenden Vorteil, dass nicht nur freie Krankheitserreger sondern auch der Biofilm erfasst und dauerhaft zerstört werden.</li> </ul>

# Chlordioxid

## Warum ist Chlordioxid das Mittel der Wahl?

Chlordioxid ist ein sehr gut wasserlösliches Gas mit orangegelber Farbe und ozonartigem Geruch. Die chemische und biochemische Wirkung beruht auf der Umwandlung zu Chlorit bei der Desinfektion und der Reduktion bis zu Chlorid bei rein chemischen Abbauprozessen.

Chlordioxid kann nicht gelagert werden und muss deshalb am Einsatzort erzeugt werden.

Aufgrund seines hohen Redoxpotentials hat Chlordioxid, im Vergleich zu anderen Bioziden, eine weitaus stärkere Desinfektionswirkung gegen alle Arten von Keimen oder Verunreinigungen wie Viren, Bakterien, Pilze und Algen. Das Oxidationspotential ist höher als beispielsweise bei Chlor, so dass auch deutlich weniger Chemie eingesetzt werden muss. Die längere Verweilzeit ist aufgrund der selektiven Zehrung ebenfalls von großem Vorteil. Selbst chlorresistente Keime, wie etwa Legionellen, können durch Chlordioxid sicher abgetötet werden. Durch ihre Anpassungsfähigkeit, auch an eigentlich lebensfeindliche Bedingungen und ihre weitgehende Resistenz gegen Biozide, ist gerade ihrer Bekämpfung besondere Bedeutung beizumessen.

Der große Unterschied von Chlordioxid gegenüber Chlor bzw. Hypochlorit ist die allmähliche Abbauwirkung auf den Biofilm bei geringen Dosen. So wird bei einer Konzentration von 1 ppm innerhalb von 18 Stunden ein Legionellenabbau von nahezu 100% im Biofilm möglich. Eine deutliche Reduktion des Biofilms kann in der gleichen Zeit bei einer Konzentration von 1,5 ppm erreicht werden. Des Weiteren ist das Desinfektionsvermögen von Chlordioxid vom pH-Wert nahezu unabhängig, somit ist der Einsatz auch im alkalischen Bereich problemlos möglich.

## Wie erfolgt die Anwendung nach Trinkwasserverordnung?

Laut TrinkwV ist eine maximale Zugabemenge von 0,4 mg/l für Chlordioxid erlaubt. Der Restgehalt nach abgeschlossener Aufbereitung darf 0,2 mg/l nicht über- und 0,05 mg/l nicht unterschreiten.

Die Chlordioxidzugabe in das Trinkwasser muss proportional zur Wassermenge erfolgen. Die Dosierung muss geregelt durchgeführt werden und darf nicht manuell erfolgen.

Wenn einer Trinkwasserinstallation Chlordioxid zugeführt wird, muss der Verwalter oder Immobilienbesitzer dies den Mietern oder Nutzern der Immobilie anzeigen. Dies kann durch einen Aushang oder durch verteilte Informationsblätter erfolgen.

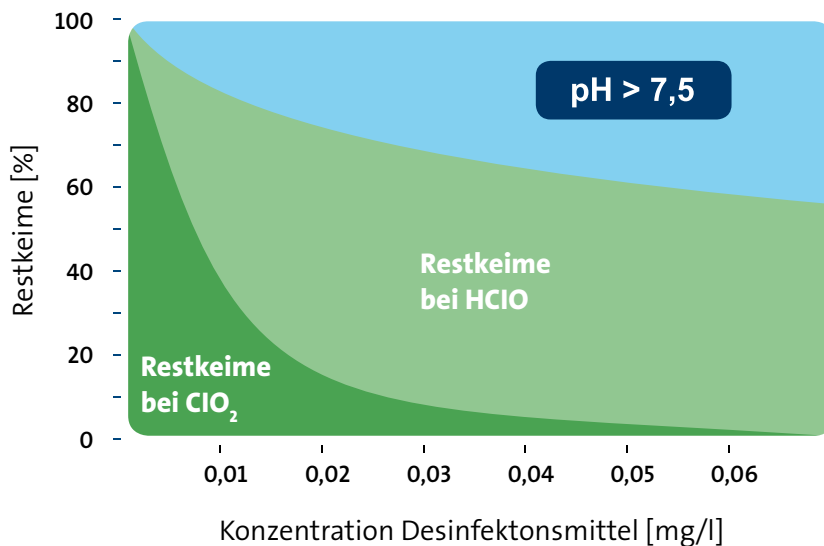


Abbildung 5: Vergleich der Desinfektionswirkung von Chlordioxid und Chlor bei pH>7,5

# Oxiperm® Pro

## Wie funktioniert die Oxiperm® Pro?

Die Oxiperm® Pro ist eine automatische Erzeugungsanlage für Chlordioxid. Aus den zwei Ausgangschemikalien verdünnte Salzsäure (Gehalt 9 Gew. %) und verdünnte Natriumchloritlösung (Gehalt 7,5 Gew. %) wird das Chlordioxid in der Anlage produziert. Die hergestellte Produktlösung mit einem Gehalt von 2 g/l Chlordioxid wird in einem Vorratbehälter gelagert und bedarfsgesteuert mit Hilfe einer Dosierpumpe in den Wasserstrom eingebracht. Die Dosierung erfolgt proportional zum Volumenstrom, so dass immer die gewünschte Konzentration an Chlordioxid im Trinkwasser vorhanden ist.

In der Kontrollelektronik der Oxiperm® Pro ist eine Messwerterfassung integriert, so dass durch Anschluss einer Messzelle eine direkte Überwachung der Chlordioxid-Konzentration möglich ist.



Abbildung 6: Chlordioxid-Erzeugungsanlage Oxiperm® Pro mit Chemikalienbehältern und Auffangwannen

## Wo wird die Oxiperm® Pro installiert?

Um das Leitungsnetz in einem Gebäude sicher vor Legionellen zu schützen, muss die Zugabestelle möglichst nahe am Hauptwasseranschluss erfolgen. Für Warmwasserleitungen empfiehlt sich die Zugabe nach dem Warmwassererzeuger.

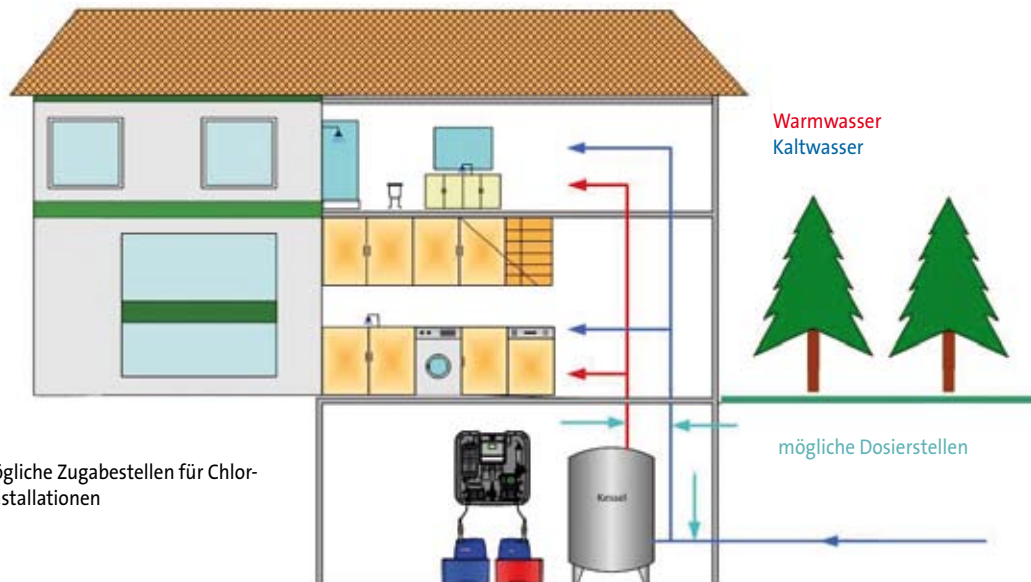


Abbildung 7: Mögliche Zugabestellen für Chlordioxid in Hausinstallationen

# Installation

---

## Welche Installationsvarianten gibt es?

### Legende zu den folgenden Installationsvarianten:

1. Hauptwasserleitung
2. Verdünnungswasser-Entnahmestelle
3. Verdünnungswasserleitung
4. Durchflussmessung
5. Impfarmatur
6. Dosierleitung
7. Dosierpumpe Natriumchlorit
8. Dosierpumpe Salzsäure
9. Dosierpumpe Chlordioxid
10. Reaktionsbehälter
11. Chlordioxid-Vorratsbehälter
12. Steuerung incl. Messverstärker und -anzeige für Chlordioxid-Messzelle
13. Magnetventil für Verdünnungswasser
14. Aktivkohlefilter für Reaktionsbehälter-Entlüftung
15. Natriumchloritbehälter mit Auffangwanne
16. Salzsäurebehälter mit Auffangwanne
17. Messwasser-Entnahmestelle
18. Messwasserleitung
19. Chlordioxid-Messzelle
20. Anbohrschelle
21. Mischmodul
22. Messmodul
23. Zweite  $\text{ClO}_2$ -Dosierpumpe
24. Schmutzfänger



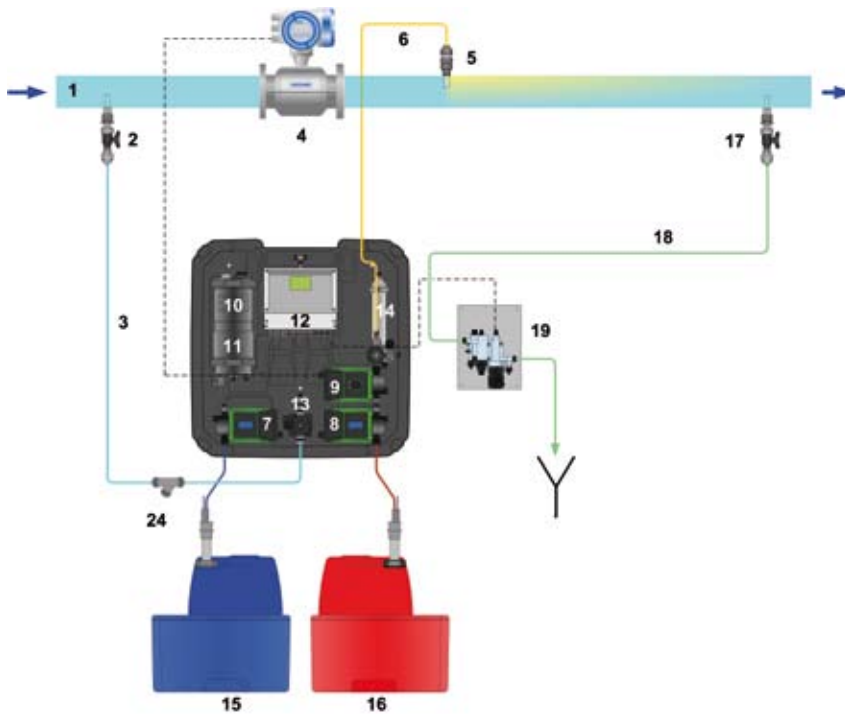
# Installation

## 1) Eine Zugabestelle

Üblicherweise ist eine Dosierung der Chlordioxidlösung in eine Zugabestelle ausreichend. Meist ist dies der Warmwasserstrang der Hausversorgung.

### Variante A1

Hier erfolgt die Abgabe des Chlordioxids direkt in die Hauptwasserleitung über eine Impfstelle oder einen statischen Mischer.



### Variante B1

Empfehlenswert ist die Verwendung des Grundfos Alldos Bypass Moduls. Für diese Variante ist es nicht nötig, die Wasserleitung zu öffnen und so den Wasserstrom zu unterbrechen. Über passende Anbohrschellen erfolgt die Entnahme und Rückführung des Bypasswassers. Die Zugabe des Chlordioxids erfolgt in einer Impfstelle im Modul. Somit gelangt bereits vorvermishtes Desinfektionsmittel in den Wasserstrom und die Korrosionsgefahr wird minimiert. Ein weiterer Vorteil ist die vereinfachte Montage ohne Unterbrechung der Wasserversorgung. Dies spart Zeit und Geld.

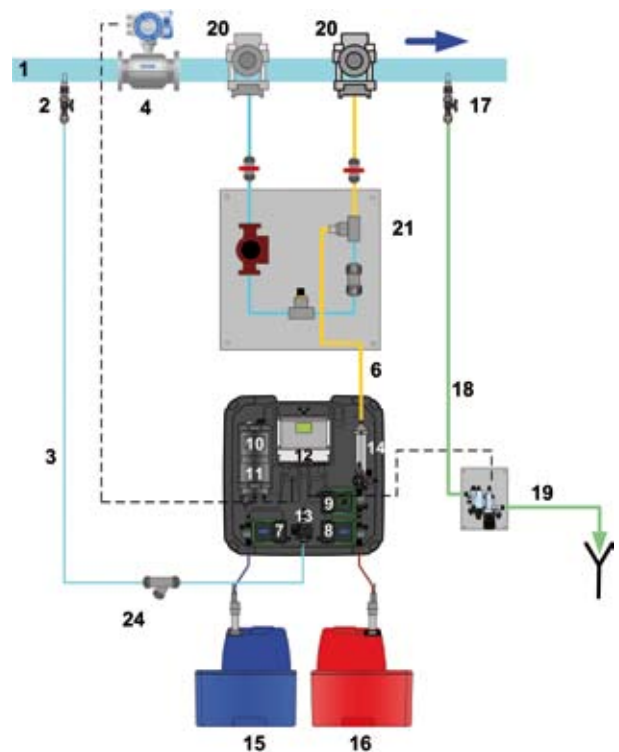


Abbildung 9: Anschluss Chlordioxid-Erzeugungsanlage Oxiperm® Pro über Bypassmodul an Hauptwasserleitung

# Installation

## 2) Zwei Zugabestellen

In vielen Gebäudeinstallationen liegen Warm- und Kaltwasserstränge eng beieinander oder sind unzureichend isoliert. So kann es auch zu einer Verkeimung der Kaltwasserleitungen kommen. In diesen Fällen empfiehlt sich die Dosierung mit einer Oxiperm® Pro in zwei Zugabestellen: Warm- und Kaltwasser. Dies ist möglich, wenn der Gesamtvolumenstrom 12 m³/h (Anlage mit 5 g/h) bzw. 24 m³/h (Anlage mit 10 g/h) nicht überschreitet. Anderenfalls müssen zwei separate Anlagen installiert werden.

Auch hier gibt es die Möglichkeit der Direktzugabe oder der Zugabe über Grundfos Alldos Bypass Module.

### Variante A2: direkte Zugabe

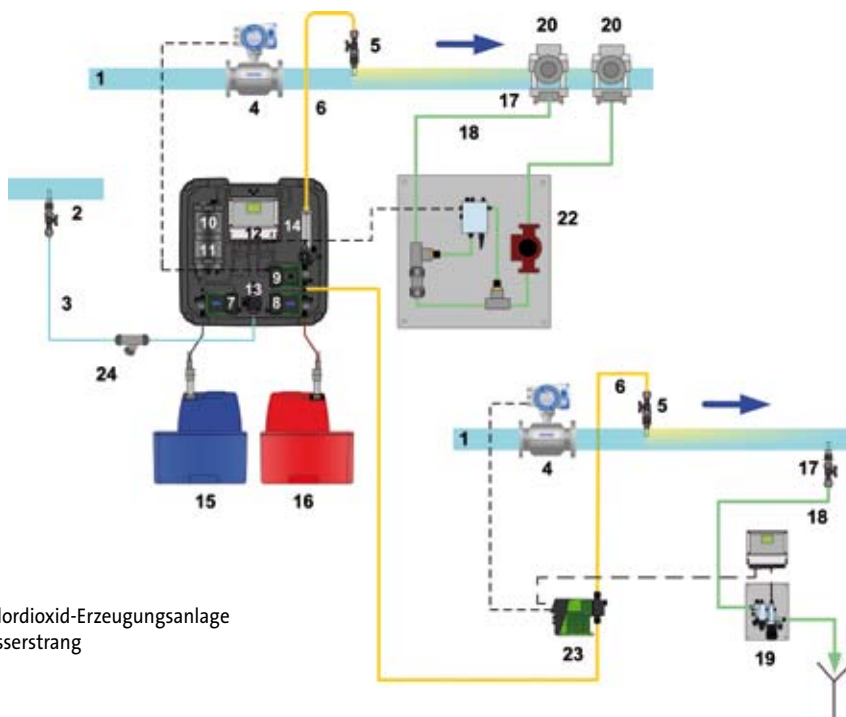


Abbildung 10: Direkter Anschluss Chlordioxid-Erzeugungsanlage Oxiperm® Pro an Kalt- und Warmwasserstrang

### Variante B2: Bypass

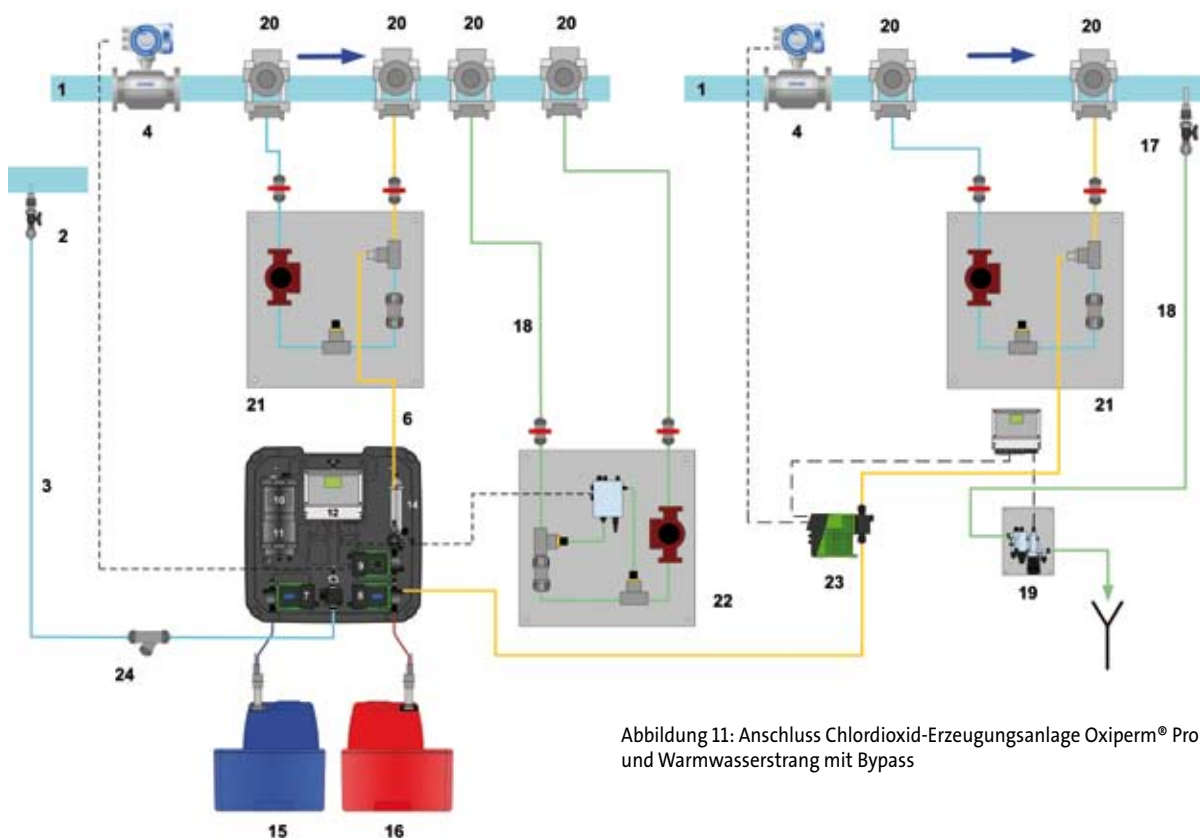


Abbildung 11: Anschluss Chlordioxid-Erzeugungsanlage Oxiperm® Pro an Kalt- und Warmwasserstrang mit Bypass

## Wie wird eine erfolgreiche Sanierung durchgeführt?

Bei Legionellenbefunden mit KBE (Kolonienbildende Einheiten)  $< 1000$  pro 100 ml kann die Sanierung über die direkte Zugabe von Chlordioxid in das Leitungsnetz erfolgen.

Befunde mit KBE  $> 1000$  / 100 ml deuten oftmals auf erhöhtes Biofilmwachstum hin. In diesen Fällen sollte eine grundlegende Reinigung des Installationssystems auf chemische oder mechanische Weise erfolgen, bevor Chlordioxid zudosiert wird.

In allen Fällen ist ein Gespräch mit dem zuständigen Gesundheitsamt, dem Gebäude-Betreiber und/oder –Eigentümer zu suchen. Meistens ist die Ursache für hohe Legionellenzahlen in der Gebäudeinstallation selbst zu suchen. Zu einer erfolgreichen Sanierung können neben der chemischen Desinfektion viele Maßnahmen beitragen:

- Wasserzirkulation verbessern
- Totleitungen beseitigen
- Brandschutzanlage vom Trinkwasser trennen
- u.a.m.

## Vorbeugende Installation vs. Minimierungsgebot des DVGW?

„Soviel Chemie wie nötig, so wenig wie möglich“ muss der Grundsatz lauten, um Trinkwasserinstallationen sicher und keimfrei zu halten. Insbesondere in sensiblen Bereichen wie der Trinkwasserversorgung von Krankenhäusern, Altenheimen, Hotels und ähnlichen Einrichtungen ist eine präventive Desinfektion empfehlenswert.

Bei einer Untersuchung des Landesgesundheitsamtes Bayern wurden in den Jahren 2004 bis 2006 in ca. 30 % der untersuchten Wasserproben (Krankenhäuser, Altenheime, Hotels) Legionellenkonzentrationen über dem zulässigen Grenzwert (100 KBE / 100 ml) gefunden. Dies zeigt das hohe Risiko, dem die Bewohner ausgesetzt sind. Deshalb wird in einigen Ländern inzwischen für Krankenhaus- und Altenheimneubauten die Installation von Desinfektionssystemen vorgeschrieben.

Chlordioxid bietet mit seinen Vorteilen gegenüber anderen Verfahren eine diskrete Desinfektion, die in kleinsten Konzentrationen die Gesundheit der Bewohner wirkungsvoll schützt und hohe Sanierungskosten oder gar eine Gebäudeschließung vermeidet.

GW 031399/2008.07

Änderungen vorbehalten