

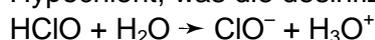


Chlor – Desinfektionsmittel in der Wasserwirtschaft

Chlor ist aufgrund seiner chemischen Eigenschaften und seiner Reaktionsfreudigkeit sehr gut für die Desinfektion von Wasser und zur Verhinderung einer Kontamination mit Bakterien und Krankheitserregern geeignet. In Wasser eingebrachtes Chlor liegt in einem pH-abhängigen Gleichgewicht vor, bei neutralem pH vor allem als hypochlorige Säure (HClO):
 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{HCl}$

Hypochlorige Säure ist ein starkes Oxidationsmittel: Ihre desinfizierende Wirkung besteht in der irreversiblen Verklumpung des Eiweißes von Viren und Bakterien – ähnlich dem Effekt von Hitzeeinwirkung.

Bei steigendem pH-Wert verschiebt sich das Gleichgewicht im Wasser auf die Seite von Hypochlorit, was die desinfizierende Wirkung mindert:



Die Regelung der Desinfektion, der eingesetzten Mittel und der erwünschten Wirkung wird in nationalen Verordnungen festgelegt, sowie in übergeordneten Organen wie der WHO oder der EU diskutiert, und die diesbezüglichen Richtlinien werden laufend angepaßt.

Die Zugabe von Chlor erfolgt als Chlorgas, Chlorverbindungen wie Natriumhypochlorit oder Chlordioxid und wird eingesetzt

- *zur Notchlorung und Transportchlorung*
bei Leitungsbrüchen und Verunreinigung mit Keimen in Wasserschutzgebieten, in Brunnen, Grundwasser oder bei Überschwemmungseinträgen sowie zum Schutz vor Kontamination in Leitungen. Im Rahmen der deutschen Trinkwasserverordnung 2001 (TrinkwV 2001) mit den Erweiterungen bis heute ist die Zugabe von max. 1,2 mg/l freiem Chlor zulässig, nach Abschluß der Aufbereitung darf nicht mehr als 0,3 mg/l freies Chlor im Wasser verbleiben. Gebiete mit (temporären) Ausnahmeregelungen können z.B. Überschwemmungsgebiete sein.
- *zur standardmäßigen Desinfektion bei der Trinkwasseraufbereitung*
(in manchen Ländern; nicht in Deutschland).
- *zur Desinfektion in Schwimmbädern und von Badebeckenwasser*

Die Messung von Chlor ist also ein entscheidender Parameter für die Qualitätsüberwachung im Bereich von Trinkwasser sowie Schwimmbad- und Badebeckenwasser. In der Abwasserwirtschaft wird in Deutschland nur gelegentlich gemessen, z.B. bei Störungen wie dem Zulauf von gechlortem Wasser aus Schwimmbädern.

§ 11 der TrinkwV 2001, Abschnitt Ic regelt die Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren einschließlich der Grenzwerte und zugelassenen Chlorungssubstanzen.

Die Wasseraufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser ist in der DIN 19643 verankert. Die Chemie der Desinfektion mit Chlor und den Nebenprodukten, die in Schwimm- und Badebeckenwasser entstehen können, ist sehr komplex. Der typische Schwimmbadgeruch entsteht z.B. im Wesentlichen nicht durch Chlor, sondern durch die Reaktion des Chlors mit dem Harnstoff aus menschlichem Eintrag über die Haut und den Urin zu stickstoffhaltigen Chloraminen wie Monochloramin. Die Umwandlungsprodukte werden als sogenanntes gebundenes Chlor zusammengefasst. Im Beckenwasser gelten deshalb andere Grenzwerte als in Trinkwasser. Sie liegen – wie u.a. im Bundesgesundheitsblatt Stand 2014 vom Umweltbundesamt bekanntgemacht, bei 0,3–0,6 mg/l freiem Chlor. Für gebundenes Chlor liegt der Wert bei 0,2 mg/l.

pH-Wert und Redox: Wichtige Indikatoren für die Desinfektionswirkung

Die Messung von Chlor geht einher mit der Messung des pH-Wertes und häufig auch der der Redoxspannung. Der pH-Wert ist ein Indikator für die Desinfektionswirkung: Wegen möglicher pH-Verschiebung in den basischen Bereich durch die Verunreinigung im Beckenwasser sind in Ausnahmefällen Konzentrationen bis zu 1,2 mg/l freies Chlor zulässig, da sich das chemische Gleichgewicht HClO/ClO^- von der hypochlorigen Säure zum Hypochlorit verschiebt und damit die desinfizierende Wirkung sinkt.

Die Messung der Redoxspannung ist ein Indikator für das Verhältnis von oxidierenden zu reduzierenden Substanzen wie den Verunreinigungen im Beckenwasser. Dies gibt also eine Information für die Desinfektionskapazität des gechlorten Wassers: Ist die Redoxspannung niedriger, liegen mehr reduzierende Substanzen vor und erfordern gegebenenfalls eine höhere Chlormenge für die Desinfektion im Vergleich zu Wasser mit höherer Redox-

spannung. Andersrum kann der untere Wert der Chlorkonzentration auf 0,2 mg/l in Abhängigkeit zur (hohen) Redoxspannung erlaubt sein.

Trübungspartikel: Quelle für Verunreinigungen

Gerade bei Überschwemmungen oder im Badesee kommt eine weiterer wesentlicher Indikatorparameter für die Desinfektion ins Spiel: die Trübung. Trübungspartikel sind ein wunderbarer Siedlungsort für Mikroorganismen. Die Trübung selbst ist also ebenfalls ein Indikator für die erhöhte mikrobielle Kontaminationsgefahr. In der Trinkwasserverordnung ist der obere Grenzwert von 1 FNU (Formazine Nephelometric Unit) bzw. 1 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) vorgegeben.

Ein „echtes“ Multiparameter-Gerät für die Überwachung

Neben der Eigenüberwachungen durch kommunale Wasserversorger, Betreiber von Thermen und Bädern und ähnlichen Betreibern in der Wasserwirtschaft sind vor allem Gesundheitsämter in diesem sensiblen Bereich unterwegs: Von der Notfalluntersuchung in Verbindung mit dem Einleiten von Maßnahmen bis zur regelmäßigen Überwachung.



Viele Gesundheitsämter und Wasserversorger sowie Servicelabors haben deshalb heute gleich mehrere pHotoFlex® Turb für die mobile Überwachung von Trinkwasseranlagen, Brunnen, Gemeindeschwimmbäder oder Thermen in Betrieb. Dieses portable Photometer verfügt über alle erforderlichen Programme für eine photometrische Wasseruntersuchung bis in kleinste Messbereiche durch das flexible Küvetten-system von 16- und 28-mm-Küvetten sowie die normgerechte Färbungsmessung bei 436 nm in (Trink)wasser.

Als echtes Multiparameter-Gerät deckt es neben den photometrischen Messungen wie der Chlorkonzentration die wichtigen Parameter pH, Redoxspannung und Trübung ab: Die Messung von pH- und Redoxspannung erfolgt über klassische elektrochemische Sensoren mit Kalibrierprotokoll. Die wichtige nephelometrische Trübungsmessung mit Infrarotlicht erlaubt eine Messung bis in den untersten Messbereich – normgerecht und trinkwasser-tauglich in Laborqualität mit einstellbarem Kalibrierintervall und Dokumentation.

Chlor-Testsätze – Wer die Wahl hat, hat die Qual

Die Bandbreite der Chlor-Testsätze für gebundenes und freies Chlor, Gesamtchlor und Monochloramin ist riesig. Wie findet sich der Anwender im Dickicht zurecht?

Der Preis ist nicht immer das alleinige Kriterium. Und oft ist der teure Küvettentest mit analytischer Qualitätssicherung und Barcode sogar günstiger und kosteneffizienter als der vermeintlich preiswerte Test. Deshalb sollte man sich bei der Auswahl folgende Anforderungen überlegen:

Photometrie Kompendium

- Ist Analytische Qualitätskontrolle (AQS) gewünscht?
- Erforderliche Messbereichsuntergrenzen?
- Wird im Labor oder unterwegs gemessen?
- Wie häufig wird gemessen?
- Herrschen in der Meßumgebung hohe Luftfeuchtigkeit oder starker Wind?
- Hat man ein großes pH-Fenster bei der Testdurchführung?
- Wie hoch sind die Gesamtkosten?

Für Gesundheitsämter ergibt sich allein durch den Wunsch nach AQS bereits eine Vorauswahl von Tests mit Chargenzertifikaten. Führt man Reihenuntersuchungen durch, verfügt man über viel Routine: Hier ist das Preis-Leistungsverhältnis für Testsätze in den 10, 20 und 50 mm Rechteckküvetten extrem gut. Außerdem decken diese Testsätze einen großen Messbereich bis hin zur Spurenanalyse ab. Wer weniger misst, begrüßt unkomplizierte Handhabung mit dem größtmöglichen Komfort. Für die Wahl des Messsystems kann auch der Einsatzort entscheidend sein: Misst man viel im Feld oder hat man Laborbedingungen -auch unterwegs- zur Verfügung? Testsätze wie die kleinen abgepackten Einzelportionen der Pulvertests sind in einer trockenen und windgeschützten Umgebung sehr kostengünstig und praktisch. Hier die Unterschiede der verschiedenen Testarten im Einzelnen:

- **Rundküvettentests mit Chargenzertifikat** sind vor allem eines: superbequem und einfach im Umgang. Je nach Test ist auch eine kombinierte Bestimmung von freiem und Gesamtchlor möglich. Rundküvettentests sind als Set mit Küvetten und Pulverreagenz verpackt. Probe direkt pipettieren, Reagenz dazu, messen.

Wer das universelle einsetzbare pHotoFlex® Turb im Labor mit seiner „Laborstation“ einsetzt, kann zudem den Barcode der Testsätze über einen externen Barcodeleser für den Aufruf des jeweils passenden Programms nutzen. Als Besonderheit wurde hier der Rundküvettentest 00597 für freies und Gesamtchlor auch zur Benutzung in der 28 mm-Küvette eingemessen. Damit steht ein Messbereichsanfang von 0,025 mg/l auch für die mobile Messung zur Verfügung.

- **Rechteckküvettentests mit Chargenzertifikat:** In der größten „Familienpackung“ liegt der Preis pro Bestimmung bei sensationell niedrigen Kosten von wenig mehr als 10 Cent! Und in der Handhabung sind sie nur wenig aufwändiger als die Rundküvettentests: Aus den mitgelieferten Rundküvetten kommt nur das Umfüllen in die Rechteckküvetten dazu, aber dafür erlaubt der Test niedrigste Messbereiche!
- Der „**Tropftest**“ wird in der Praxis mit pHotoFlex® Turb mit den Testsätzen 00086–00088 immer beliebter: Die Einzelreagenzien erlauben je nach Kombination die Bestimmung von freiem und Gesamtchlor in einem Zug durch aufeinanderfolgendes Zutropfen der verschiedenen Zusatzreagenzien.

Die große Stärke dieser Testart liegt in der Handhabung in Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit. Hier gibt es keine verklumpten Reagenzien! Also gleichermaßen ideal für Thermen, Schwimm- und Erlebnisbäder sowie die überwachenden Gesundheitsämter. Und im Freiland Einsatz ist dieser Test der „windschnittigste“: kein Verblasen der Reagenzien, sondern einfaches Zutropfen in die mitgelieferte Rundküvette.

Photometrie

Kompendium

- **Pulvertests**, sogenannte Powder Pillows: Praktisch sind hier die Einzelportionen für die Zugabe in die Messküvette, die sich für unterwegs gut planen lassen. Dadurch setzt man Reagenzien nicht unnötig hohen Transport- oder Außentemperaturen aus. Im Hinblick auf den Preis pro Bestimmung liegen Pulvertests fast immer bei den günstigen Lösungen. Eventuell ist eine Einstellung des pHs und Hantieren mit Verdünnungswasser erforderlich, was gegenüber den Küvettentests mit ihren weiteren pH-Fenstern eine genauere Handhabung verlangt.

Fazit: Die Chlormessung ist eine wichtige Messung, und sie kommt selten allein

Wasser ist anfällig für Verunreinigungen und Kontamination mit pathogenen Keimen. Chlor ist immer noch das wichtigste Desinfektionsmittel für Beckenwasser sowie Trinkwasser im Bereich der Not- bzw. Transportchlorung. In manchen Ländern ist Chlor auch standardmäßig für die Aufbereitung von Trinkwasser vorgeschrieben.

Deshalb stehen für die Chlormessung entsprechend viele Lösungen zur Verfügung. Gerade in der Überwachung lohnt sich ein universelles und leicht zu transportierendes Gerät wie z.B. das portable Photometer photoFlex® Turb, welches auch die wichtigen Indikatorparameter pH, Redoxspannung und Trübung normgerecht erfassen und dokumentieren kann. Für die Auswahl an geeigneten Testsätzen stehen meist die Analytische Qualitätssicherung und die Einfachheit der Handhabung, je nach Einsatzort im Vordergrund.