

Whitepaper für Betreiber, Planer und technische Entscheider

UV-C-Niederdrucktechnik in Schwimmbädern

Chloramine wirksam reduzieren, die Wasserqualität stabilisieren
und Nachrüstungen intelligent vorbereiten.

Zusammenfassung

Schwimmbadwasser muss dauerhaft hygienisch sicher, klar und für Badegäste angenehm sein. Gleichzeitig stehen Betreiber unter hohem Kosten-, Energie- und Nachhaltigkeitsdruck. Eine zentrale Herausforderung ist gebundenes Chlor: Chloramine entstehen, wenn freies Chlor mit stickstoffhaltigen Einträgen wie Schweiß, Harnstoff oder Hautpartikeln reagiert. Sie beeinträchtigen die Wasserqualität und können – insbesondere in Form des flüchtigen Trichloramins – Augen, Schleimhäute und Atemwege reizen sowie den typischen „Chlorgeruch“ verursachen.

UV-C-Niederdrucktechnik setzt genau hier an. Sie bestrahlt einen definierten Teil oder den gesamten Umwälzvolumenstrom mit UV-C-Licht bei etwa 254 nm und spaltet Chloramine photochemisch. Das Verfahren kommt ohne zusätzliche Betriebschemikalien aus, verändert den pH-Wert nicht und lässt sich mit geringem hydraulischem Widerstand in bestehende Anlagen integrieren. Zusätzlich inaktiviert UV-C Mikroorganismen im bestrahlten Wasser. Diese Wirkung ist eine ergänzende Barriere, ersetzt aber weder die normgerechte Wasseraufbereitung noch die Chlorung mit ihrer Depotwirkung im Becken.

Für viele Bestandsbäder ist die Nachrüstung besonders interessant. Bei Neubauten empfiehlt es sich, bereits in der Planung einen ausreichend dimensionierten und regelbaren Bypass vorzusehen. So kann eine UV-C-Stufe später mit überschaubarem Aufwand ergänzt werden, wenn steigende Besucherzahlen, betriebliche Veränderungen oder wiederkehrend erhöhte Werte für gebundenes Chlor dies erforderlich machen.

Die wesentlichen Vorteile auf einen Blick:

- gezielter photochemischer Abbau von Chloraminen
- bessere Wasserqualität und potenziell geringere Trichloraminbelastung der Hallenluft
- kontinuierlicher Betrieb ohne zusätzliche Betriebschemikalien
- zusätzliche mikrobiologische Barriere im bestrahlten Teilstrom
- geringer hydraulischer Widerstand und gute Nachrüstbarkeit
- bedarfsgerechter Betrieb im Vollstrom, Bypass oder als saisonale Standby-Lösung
- hohe energetische Effizienz und lange Lampenlebensdauer der Niederdrucktechnik

1. Die Herausforderung: Desinfektion ohne unerwünschte Nebenwirkungen

Chlor ist in der Schwimmbadwasseraufbereitung unverzichtbar. Es wirkt im gesamten Wasserkreislauf und stellt im Becken eine Depotdesinfektion bereit. Diese Stärke bringt jedoch eine bekannte Begleiterscheinung mit sich: Freies Chlor reagiert mit organischen und stickstoffhaltigen Stoffen, die vor allem durch Badegäste eingetragen werden. Dabei entstehen Chloramine, die analytisch als gebundenes Chlor erfasst werden.

Ein hoher Wert für gebundenes Chlor ist deshalb nicht einfach ein Zeichen für „zu viel Chlor“. Er weist vielmehr auf das Zusammenspiel von Belastung, Aufbereitung, Hydraulik und Betriebsführung hin. Kurzfristige Spitzen können an stark frequentierten Tagen auftreten; wiederkehrend erhöhte Werte verlangen eine systematische Lösung.

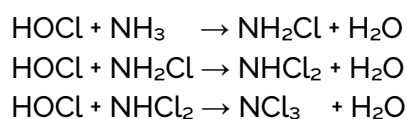
Für öffentliche Bäder ist die Einhaltung der jeweils geltenden Anforderungen der DIN 19643 und der behördlichen Vorgaben maßgeblich. Der obere Grenzwert für gebundenes Chlor beträgt 0,2 mg/l. Unabhängig vom Wert ist eine möglichst geringe Chloraminbelastung auch aus Komfort- und Arbeitsschutzsicht erstrebenswert.

2. Chloramine: Entstehung und Relevanz

Je nach Reaktionsbedingungen entstehen unterschiedliche anorganische Chloramine:

Verbindung	Formel	Typische Bedeutung im Schwimmbad
Monochloramin	NH_2Cl	relativ stabil, wenig flüchtig; häufige Form im Wasser
Dichloramin	NHCl_2	stärker reizend; mögliche Vorstufe weiterer Reaktionsprodukte
Trichloramin	NCl_3	stark flüchtig; relevant für Geruch und Hallenluft

Vereinfacht verläuft die schrittweise Chlorierung über folgende Reaktionen:



Welche Spezies tatsächlich entstehen, hängt unter anderem vom pH-Wert, vom Verhältnis zwischen Chlor und Stickstoffverbindungen, von den vorhandenen Vorläufersubstanzen sowie von lokalen Bedingungen im Becken ab. Gerade in unmittelbarer Nähe zu Badegästen können kurzzeitig Reaktionsbedingungen auftreten, die vom gemessenen Mittelwert des Beckenwassers abweichen.

Trichloramin sammelt sich an der Wasseroberfläche, ist flüchtig und kann leicht aus dem Wasser in die Hallenluft übergehen. Eine kontinuierlich hohe Konzentration ist vor allem für Mitarbeiter im Badbereich ein hohes Gesundheitsrisiko. Eine gute Lüftungsführung bleibt deshalb unverzichtbar. Die Reduktion der Vorläuferstoffe und der Chloramine im Wasserkreislauf setzt jedoch bereits an der Quelle an.

3. So wirkt UV-C im Wasserkreislauf

UV-C-Strahlung umfasst den Wellenlängenbereich von 200 bis 280 nm. Niederdrucklampen emittieren nahezu monochrom bei rund 254 nm. Diese Wellenlänge ist für zwei im Schwimmbad relevante Wirkmechanismen geeignet.

3.1 Photochemischer Chloraminabbau

Chloramine absorbieren UV C-Strahlung über breite, kontinuierliche Wellenlängenbereiche. Die in den Absorptionsbanden aufgenommene Strahlungsenergie kann Stickstoff-Chlor-Bindungen spalten und Folgereaktionen auslösen, durch die gebundene Chlorverbindungen abgebaut werden. Die Maxima der Absorptionskurven kennzeichnen dabei lediglich Wellenlängen mit besonders hoher Absorption: Der photochemische Abbau ist nicht auf diese einzelnen Maxima beschränkt, sondern findet im gesamten Bereich statt, in dem sich das Emissionsspektrum der UV-Lampe mit dem Absorptionsspektrum des jeweiligen Chloramins überlappt.

Mitteldruckstrahler emittieren UV-Strahlung über ein breites Spektrum mit mehreren ausgeprägten Emissionslinien. Dadurch treffen Photonen unterschiedlicher Wellenlängen auf die Absorptionsbereiche von Di- und Trichloramin.

Niederdruckstrahler konzentrieren dagegen einen großen Anteil ihrer UV C-Leistung in einer starken Emissionslinie bei etwa 254 nm. Diese Wellenlänge liegt ebenfalls innerhalb der kontinuierlichen Absorptionsbanden der Chloramine und ermöglicht damit deren photochemischen Abbau.

Während Mitteldrucksysteme also mehrere spektrale Überlappungen nutzen, erzielen Niederdrucksysteme ihre Wirkung durch die gezielte und energieeffiziente Bereitstellung einer dominanten UV C-Linie. Entscheidend ist die wiederholte Behandlung: Schwimmbadwasser wird kontinuierlich umgewälzt und passiert die Aufbereitung innerhalb eines Tages mehrfach. Auch wenn pro Passage nur ein Teil der Chloramine abgebaut wird, kann die wiederholte Bestrahlung die Konzentration im Gesamtsystem dauerhaft senken.

3.2 Ergänzende Inaktivierung von Mikroorganismen

DNA und RNA absorbieren UV-C-Strahlung besonders stark. Die Bestrahlung schädigt das Erbgut von Mikroorganismen und verhindert deren Vermehrung. Damit bildet UV-C im behandelten Volumenstrom eine zusätzliche physikalische Desinfektionsbarriere.

Diese Wirkung muss richtig eingeordnet werden:

- UV-C wirkt nur im Reaktor und besitzt keine Depotwirkung im Becken oder Rohrnetz.
- Die Chlorung bleibt für die normgerechte Desinfektion des Gesamtsystems notwendig.
- Bei einer Bypass-Lösung wird nur der jeweilige Teilstrom unmittelbar bestrahlt.
- Die tatsächlich erreichte Wirkung hängt von Dosis, Transmission, Reaktorauslegung, Volumenstrom und Betriebszustand ab.

UV-C ergänzt daher die bestehenden Verfahrensstufen; sie ersetzt sie nicht.

4. Dosis und Transmission: Die entscheidenden Auslegungsgrößen

Die UV-Dosis ist das Produkt aus Bestrahlungsstärke und Bestrahlungszeit:

$$\text{UV-Dosis} = \text{Bestrahlungsstärke} \times \text{Bestrahlungszeit}$$

Sie wird üblicherweise in J/m^2 oder mJ/cm^2 angegeben. Dabei gilt:

$$1 \text{ mJ/cm}^2 = 10 \text{ J/m}^2$$

Beispiele für typische UV-Dosen zur Inaktivierung relevanter Mikroorganismen sind:

Mikroorganismus	Typische LD90 UV-Dosis
Escherichia coli	20 – 55 J/m^2
Legionella pneumophila	10 – 25 J/m^2
Pseudomonas aeruginosa	30 – 55 J/m^2

Die DIN 19643 schreibt eine Dosis von 400 – 800 J/m^2 vor. Weit mehr als für die Desinfektion notwendig, da das primäre Ziel der Abbau von gebundenem Chlor ist.

Neben der Lampenleistung ist die UV-Transmission des Wassers entscheidend. Sie beschreibt, welcher Anteil der Strahlung eine definierte Wasserstrecke durchdringt. Häufig wird die Transmission über 10 mm als T10-Wert angegeben. Je geringer die Transmission, desto weniger Strahlung steht in größerer Entfernung zur Lampe zur Verfügung.

Eine belastbare Auslegung darf deshalb nicht allein auf der elektrischen Anschlussleistung beruhen. Zu berücksichtigen sind insbesondere:

- Zielsetzung: Chloraminabbau, zusätzliche Desinfektionswirkung oder beides
- maximaler und typischer Volumenstrom
- UV-Transmission unter realen Betriebsbedingungen
- Umwälzrate
- Reaktorgeometrie und hydraulische Verteilung
- Alterung und Verschmutzung der Strahler beziehungsweise Hüllrohre
- erforderliche Redundanz, Überwachung und Regelstrategie
- Vollstrom- oder Bypassbetrieb

5. Vorteile Niederdrucktechnik

Niederdrucklampen bündeln einen großen Anteil ihrer UV-C-Leistung in der Emissionslinie bei rund 254 nm. Für den kontinuierlichen Betrieb in Schwimmbädern ergeben sich daraus mehrere praktische Vorteile.

Hohe Energieeffizienz

Da die elektrische Leistung gezielt in einer wirksamen Wellenlänge bereitgestellt wird, kann der Chloraminabbau mit vergleichsweise geringem Energieeinsatz erfolgen. Dies ist besonders relevant, wenn die Anlage viele Stunden pro Tag oder ganzjährig betrieben wird.

Einfache Montage und Wartung

Zur Installation wird das System in Verrohrung integriert. Der geringe hydraulische Gegendruck erfordert oft keine zusätzlichen Maßnahmen. Bei einer Wartung kann der Lampenwechsel bei vollem Wasserdruck und ohne Betriebsunterbrechung erfolgen.

Lange Nutzungsdauer

Niederdruckstrahler erreichen typischerweise lange Betriebszeiten. Das verlängert Wartungsintervalle, reduziert Lampenwechsel und erhöht die Planbarkeit der Betriebskosten. Maßgeblich sind die konkreten Herstellerangaben und die zulässige Restleistung am Ende der Nutzungsdauer.

Moderate thermische Belastung

Die geringere Leistungsdichte und Oberflächentemperatur erleichtern die Integration in viele bestehende Aufbereitungskreisläufe. Zugleich bleibt eine fachgerechte Überwachung des Volumenstroms und der Reaktortemperatur erforderlich.

Gut skalierbare Anlagenkonzepte

Die benötigte Leistung kann über Anzahl und Anordnung der Strahler an den Volumenstrom angepasst werden. Damit eignet sich die Technik sowohl für kleinere private Anlagen als auch für öffentliche Bäder mit kontinuierlichem Betrieb.

Zielgerichteter Nutzen statt maximaler Leistungsdichte

Für eine Nachrüstung ist nicht die kompakteste mögliche Strahlungsquelle automatisch die wirtschaftlichste Lösung. Entscheidend sind die Lebenszykluskosten: Energieverbrauch, Lampenstandzeit, Ersatzteile, Wartungsaufwand und die tatsächlich erreichte Wirkung im Wasser. Genau hier kann Niederdrucktechnik ihre Stärken ausspielen.

Gezielte UV-C-Wirkung bei geringerem Energieeinsatz

Warum Niederdrucktechnik für den kontinuierlichen Chloraminabbau wirtschaftlich attraktiv ist

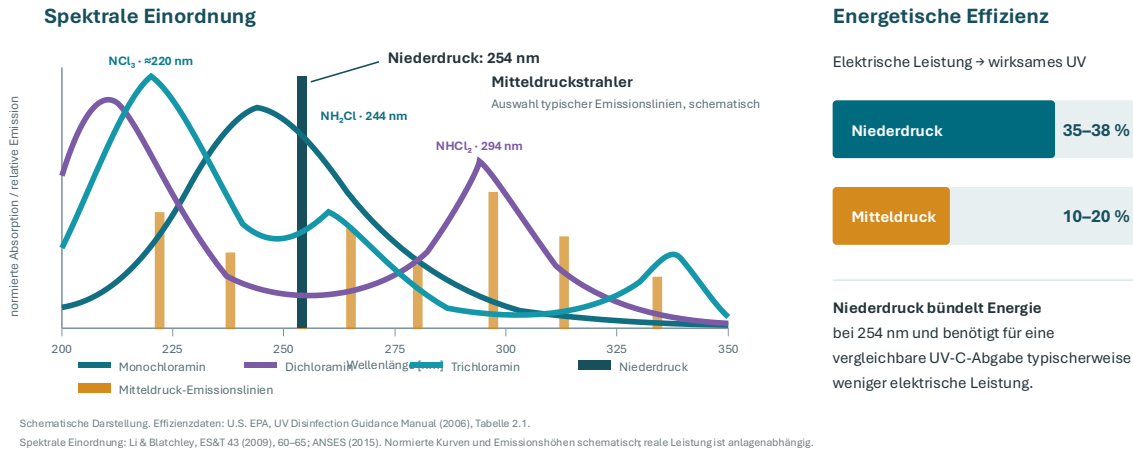


Abb. 1: Gezielte UV-C-Wirkung bei geringerem Energieeinsatz. Nieder- und Mitteldrucksysteme können Trichloramin photochemisch abbauen. Niederdrucklampen stellen jedoch einen höheren Anteil der eingesetzten elektrischen Energie gezielt bei 254 nm bereit. Im kontinuierlichen Betrieb kann dies zu einem geringeren Energiebedarf, längeren Lampenstandzeiten und günstigeren Lebenszykluskosten führen. Der entscheidende Vorteil liegt somit in der Effizienz und nicht in einem exklusiven photochemischen Wirkmechanismus. Die tatsächlich erreichbare Leistung hängt von der Auslegung des UV-Reaktors und den jeweiligen Betriebsbedingungen ab. (Hinweis: die Grafik wurde mit AI auf Basis der zitierten Literatur erstellt)

6. Einordnung gegenüber alternativen Maßnahmen

Verfahren	Stärke	Grenzen und betriebliche Folgen
Füllwasserzugabe	verdünnt Belastungs-stoffe und führt Frischwasser zu	hoher Wasser- und Wärmebedarf; löst wiederkehrende Ursachen nicht allein
Hochchlorung/ Breakpoint Chlorung	Chloramine chemisch oxidieren	zusätzlicher Chemikalieneinsatz, Betriebsunterbrechung oder Wartezeit möglich; sorgfältige Prozessführung nötig
Aktivkohle	Chlorverbindungen katalytisch abbauen und weitere Stoffe adsorbieren	Erhöht den Widerstand; beeinflusst auch freies Chlor; Materialwechsel und hygienische Betriebsführung erforderlich
UV-C Niederdrucktechnik	kontinuierlicher photochemischer Chloraminabbau; zusätzliche physikalische Barriere	benötigt elektrische Energie; Wirkung nur bei Bestrahlung und abhängig von Auslegung sowie Wasserqualität

Die Verfahren schließen sich nicht gegenseitig aus. In manchen Anlagen ist beispielsweise die Kombination aus einer geeigneten Filtrations- oder Aktivkohlestufe und UV-C sinnvoll. Wichtig ist, die Ursache erhöhter Werte zu analysieren und die gesamte Aufbereitungskette zu betrachten.

UV-C ist besonders attraktiv, wenn gebundenes Chlor kontinuierlich beherrscht werden soll, ohne wiederholt große Mengen Frischwasser oder zusätzliche Betriebschemikalien einzusetzen. Potenzielle Einsparungen müssen jedoch anlagenspezifisch bilanziert werden. Die hygienisch oder normativ erforderliche Füllwasserzugabe bleibt unabhängig davon einzuhalten.

7. Vollstrom, Bypass oder Standby

Vollstrom: maximale unmittelbare Abdeckung

Im Vollstrom passiert das gesamte aufbereitete Wasser den UV-Reaktor. Dadurch ist die Behandlung am schnellsten im Gesamtsystem wirksam und die zusätzliche mikrobiologische Barriere erfasst den vollständigen Umwälzvolumenstrom.

Der Vollstrombetrieb ist besonders interessant, wenn:

- eine hohe und kontinuierliche Chloraminbelastung vorliegt,
- die zusätzliche mikrobiologische Barriere einen hohen Stellenwert hat,
- Platz, Hydraulik und Investitionsbudget die vollständige Auslegung erlauben.

Bypass: flexibel und nachrüstfreundlich

Im Bypass wird ein definierter Anteil des Volumenstroms durch den UV-Reaktor geführt. Da das Beckenwasser wiederholt umgewälzt wird, kann auch eine Teilstrombehandlung die Chloraminkonzentration im Gesamtsystem kontinuierlich reduzieren. Der erforderliche Bypassanteil ist nicht pauschal festzulegen; er ergibt sich aus Belastung, Umwälzzeit, Zielwert, Dosis und Reaktorleistung.

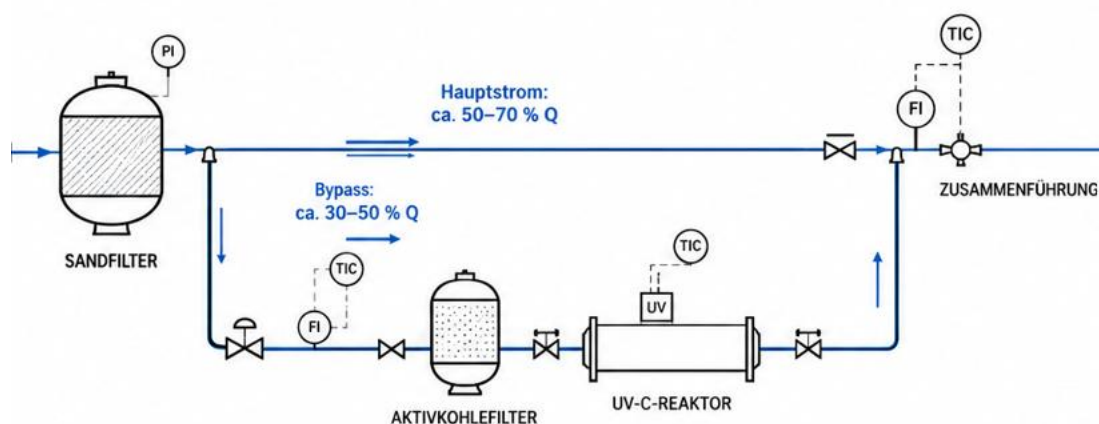


Abb. 2: Bypassaufbau

Ein regelbarer Bypass bietet mehrere Vorteile:

- geringere Anschlussleistung und kleinere Reaktordimension möglich
- Anpassung an saisonale oder nutzungsabhängige Belastungen
- einfache Wartungsabspernung ohne grundlegenden Umbau des Hauptstroms
- gute Voraussetzungen für die Nachrüstung im Bestand
- Möglichkeit, den behandelten Anteil bei Bedarf zu erhöhen

Für die Position im Verfahrensschema ist eine projektspezifische Bewertung erforderlich. Nach einer Filtrationsstufe ist die Transmission häufig günstiger; Wechselwirkungen mit Aktivkohle, Chlorzugabe, Mess- und Regeltechnik sowie Probenahmestellen sind zu berücksichtigen.

Standby: Reserve für Belastungsspitzen

In Freibädern oder saisonal stark schwankend ausgelasteten Anlagen kann ein bedarfsgerechter Betrieb sinnvoll sein. Die UV-C-Stufe wird dann bei hoher Besucherzahl, ungünstigen Messwerten oder erwarteten Belastungsspitzen zugeschaltet. Eine solche Strategie setzt eine geeignete Überwachung und klare Betriebsregeln voraus.

8. Planungsempfehlung: Heute den Bypass für morgen vorsehen

UV-C wird in Neubauten noch nicht immer von Beginn an eingeplant. Treten später Probleme mit gebundenem Chlor auf, können fehlender Platz, ungünstige Rohrführungen oder nicht vorhandene elektrische Anschlüsse eine Nachrüstung unnötig verteuern.

Planer können dieses Risiko mit geringem Aufwand reduzieren. Empfohlen wird, bereits im Neubau oder bei einer größeren Sanierung folgende Punkte in der Planung vorzusehen:

1. ausreichend bemessene Anschlussstutzen für Vor- und Rücklauf,
2. absperrbaren und regelbaren Bypass,
3. geeignete Einbaulänge und Wartungsraum für Reaktor und Lampenwechsel,
4. Reserven in Elektroverteilung und Gebäudeautomation,
5. Messstellen für Volumenstrom, UV-Intensität und relevante Wasserparameter,
6. Entleerungs-, Entlüftungs- und sichere Wartungsmöglichkeiten,
7. eine Einbindung, die spätere Erweiterungen ohne längere Betriebsunterbrechung erlaubt.

Diese „UV-Ready“-Planung verpflichtet den Betreiber nicht zur sofortigen Investition. Sie schafft jedoch eine belastbare Handlungsoption, falls sich Nutzung, Besucherzahlen oder Qualitätsanforderungen verändern.

9. Betrieb und Monitoring

Eine UV-C-Anlage ist technisch überschaubar, aber nicht wartungsfrei. Für einen dauerhaft wirksamen und wirtschaftlichen Betrieb sind mindestens folgende Punkte wichtig:

- Überwachung von UV-Intensität, Volumenstrom und Betriebsstunden
- regelmäßige Kontrolle der Hüllrohre
- rechtzeitiger Lampenwechsel nach Herstellerangaben beziehungsweise Restleistung
- Funktionsprüfung von Sensoren, Verriegelungen und Alarmmeldungen
- Trendaufzeichnung des gebundenen Chlors vor und nach Inbetriebnahme
- gemeinsame Bewertung von Wasserwerten, Besucherbelastung und Hallenluft
- Prüfung der UV-Transmission bei veränderten Wasserbedingungen

Der Erfolg sollte nicht an einem einzelnen Messwert beurteilt werden. Aussagekräftig ist der Trend über typische Betriebszustände: Schwachlast, Normalbetrieb, Spitzentage und saisonale Veränderungen.

10. Wirtschaftlichkeit über den Lebenszyklus bewerten

Eine wirtschaftliche Bewertung sollte mehr umfassen als den Anschaffungspreis. Relevant sind:

- elektrische Leistungsaufnahme und jährliche Betriebszeit
- Strahler Standzeit und Ersatzteilkosten
- Wartungsaufwand und Zugänglichkeit
- vermiedene Sondermaßnahmen bei erhöhtem gebundenem Chlor
- mögliche Reduktion zusätzlicher Wasser- und Wärmeverbräuche, soweit betrieblich und normativ zulässig
- vermiedene Betriebsunterbrechungen
- Nutzen einer stabileren Wasser- und Hallenluftqualität

Niederdrucksysteme sind besonders dort interessant, wo eine kontinuierliche Wirkung bei niedrigen laufenden Kosten gefragt ist. Für eine belastbare Entscheidung empfiehlt sich eine Lebenszyklusrechnung mit realen Lastprofilen statt eines reinen Vergleichs der installierten Lampenleistung.

11. Fazit

UV-C-Niederdrucktechnik ist eine wirkungsvolle Ergänzung moderner Schwimmbadwasseraufbereitung. Ihre zentrale Aufgabe ist der kontinuierliche photochemische Abbau von Chloraminen. Damit kann sie zu einer stabileren Wasserqualität, einer geringeren Belastung durch flüchtige Chloramine und einem angenehmeren Badeerlebnis beitragen.

Ihre Stärke liegt in der Kombination aus zielgerichteter Wirkung, hoher elektrischer Effizienz, langer Lampenlebensdauer und guter Integrationsfähigkeit. Gleichzeitig schafft sie im bestrahlten Volumenstrom eine zusätzliche mikrobiologische Barriere. Die Chlorung und die normgerechte Gesamtaufbereitung bleiben unverzichtbar, weil nur sie die notwendige Depotwirkung im Becken und Rohrnetz sicherstellen.

Für Bestandsanlagen bietet UV-C eine attraktive Nachrüstooption. Für Neubauten lautet die wichtigste planerische Empfehlung:

Den regelbaren Bypass und den notwendigen Einbauraum heute vorsehen – auch wenn der UV-Reaktor erst später installiert wird.

So bleibt der Betreiber handlungsfähig und kann auf veränderte Belastungen reagieren, ohne die Aufbereitung grundlegend umbauen zu müssen.

Sprechen Sie uns gerne für mehr Informationen an.

Literatur und weiterführende Grundlagen

1. DIN 19643, *Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser*, jeweils gültige Ausgabe und relevante Teile.
2. DIN EN 14897, *Wasseraufbereitungsanlagen innerhalb von Gebäuden – Einrichtungen mit Quecksilber-Niederdruckstrahlern für die Behandlung von Wasser mit ultravioletter Strahlung*, jeweils gültige Ausgabe.
3. World Health Organization, *Guidelines for Safe Recreational Water Environments, Volume 2: Swimming Pools and Similar Environments*.
4. Bolton, J. R.; Cotton, C. A., *The Ultraviolet Disinfection Handbook*, American Water Works Association.
5. Hijnen, W. A. M.; Beerendonk, E. F.; Medema, G. J., „Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review“, *Water Research*, 2006.
6. Quek, P. H.; Hu, J., Veröffentlichungen zum photochemischen Abbau von Chloraminen in Schwimmbadwasser.
7. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), *Ultraviolet Disinfection Guidance Manual for the Final Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule*, EPA 815-R-06-007, Washington, D.C., 2006, insbesondere Tabelle 2.1.
8. Soltermann, F.; Widler, T.; Canonica, S.; von Gunten, U., „Photolysis of inorganic chloramines and efficiency of trichloramine abatement by UV treatment of swimming pool water“, *Water Research*, Band 56, 2014, S. 280–291. DOI: 10.1016/j.watres.2014.02.034.
9. Kowalski, W.: „Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook“ ISBN 978-3-642-01998-2
10. C. Schmalz; PD Dr. C. Zwiener, „Trichloramin: Membraneinlass-Massenspektrometrie (MIMS) - eine Alternative zur Ionenchromatographie“, Engler-Bunte-Institut, Lehrstuhl für Wasserchemie, Universität Karlsruhe; Wiley Analytic Science, 2008
11. Jing Li, and Ernest R. Blatchley III; UV Photodegradation of Inorganic Chloramines; *Environmental Science Technology*; November 2008;
12. Xinran Zhang, Weiguang Li, Ernest R. Blatchley, Xiaojun Wang, Pengfei Ren; UV/chlorine process for ammonia removal and disinfection by-product reduction: Comparison with chlorination; *water research* 68 (2015) 804 – 811;

Hinweis: Dieses Whitepaper dient der technischen Orientierung. Planung, Auslegung und Betrieb müssen für das konkrete Bad durch qualifizierte Fachplaner erfolgen und den jeweils geltenden Normen, behördlichen Anforderungen und Hersteller-Nachweisen entsprechen.

Checkliste für Betreiber und Planer

Ausgangslage

- Treten erhöhte Werte für gebundenes Chlor dauerhaft oder nur bei Belastungsspitzen auf?
- Sind Beckennutzung, Besucherzahlen, Umwälzleistung und Füllwasserzugabe plausibel dokumentiert?
- Wurden Hydraulik, Filtration, pH-Regelung, Chlorung und Lüftung als Gesamtsystem geprüft?

Auslegung

- Welche Wirkung steht im Vordergrund: Chloraminabbau, ergänzende Desinfektion oder beides?
- Ist Vollstrom oder ein regelbarer Bypass technisch und wirtschaftlich sinnvoller?
- Liegen repräsentative Werte für UV-Transmission und maximalen Volumenstrom vor?
- Werden Alterung, Verschmutzung und hydraulische Verteilung bei der Dosisberechnung berücksichtigt?

Integration

- Ist ausreichend Wartungsraum für Lampenwechsel und Reinigung vorhanden?
- Sind Absperrung, Entleerung, Entlüftung und sichere Verriegelungen vorgesehen?
- Können UV-Intensität, Durchfluss und Betriebszustand überwacht und dokumentiert werden?

Erfolgskontrolle

- Sind Referenzwerte vor Inbetriebnahme dokumentiert?
- Werden gebundenes Chlor und betriebliche Einflussgrößen als Trend ausgewertet?
- Sind klare Reaktionsregeln für Warnungen, Lastspitzen und Wartungsbedarf definiert?