Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 29 (1972)

Heft: 3

Artikel: Sauberes Badewasser in Schwimmbädern

Autor: Wirz, Willy W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-782449

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Von Willy W. Wirz, Gerzensee

Sauberes Badewasser in Schwimmbädern

1. Einführung

Nach dem Bau eines Schwimmbades für private oder öffentliche Zwecke beginnen die Pflege des Badewassers und die Ueberwachung der chemischen Zusammensetzung der Luft über dem Badewasser und des Badewassers selbst. Die einfachste Methode des Qualitätsnachweises der meisten Desinfektionsmittel in Wasser und Luft ist mit der menschlichen Nase möglich, jedoch genügt diese in den meisten Fällen nicht.

Quantitative Messungen und automatische Regulierungen werden erforderlich. Nur in fachgerecht desinfiziertem Badewasser, das mindestens den Anforderungen der SIA-«Norm» [1] und den folgenden Vorschlägen der Verfahrensverbesserungen entspricht, lässt sich, ob kurzzeitig oder für längere Dauer, mit sportlichem Vergnügen und zur Erholung ohne unangenehme Nachreaktionen baden. Dabei werden als Nachreaktionen Hautaffektionen, allergische Reaktionen wie zum Beispiel Rötungen, Hautausschläge, Brennen in den Augen, unangenehme Gefühle in Rachen und Nase oder sogar unnatürliche Veränderungen der verschiedenen Schleimhäute nach einem Bade beobachtet.

Ein Badewasser ist dann «gut», wenn keine der erwähnten Nachreaktionen auftreten, die Augen nichts Unangenehmes wahrnehmen und das Badewasser die notwendige Reinheit und Umweltfreundlichkeit aufweist. Natürlich sind die nötigen Massnahmen von der Belastung eines Schwimmbades abhängig. Bei Gemeinschaftsbädern mit künstlichen Becken, zum Beispiel Freiluftbädern, Lehrschwimmbecken oder Hallenbädern nach SIA-Definition, drängen sich Massnahmen auf. Der Private wird sich mit gewissen Vereinfachungen der Aufbereitung zufriedengeben. Jedes künstlich aufbereitete und künstlich gelagerte Süss- oder Meerwasser, Quell- oder Thermalwasser bleibt jedoch auch ohne Badebelastung unstabil und verliert seine gewünschten Badeeigenschaften.

2. Ueberblick über Desinfektionsmittel

Die grundsätzlich geeigneten Desinfektionsmittel weisen folgende Eigenschaften auf:

Chlorgas

Chemische Formel: Cl_2, gelbgrünes Gas, 2,5mal schwerer als Luft, C-Gift, das heisst sehr toxisch wirkend, MAK-Wert 1,5 mg/m³, noch 0,0001 % davon werden in der Atemluft erkannt und reizen die Atmungsorgane, 0,001 % greifen die Lungen bereits schwer an. Die Handhabung des Chlorgases, das in Stahlflaschen geliefert wird, erfordert Sachkenntnis und besondere Sicherheitsmassnahmen wie separate Räume mit Sprinkelanlage und geeigneter Abwasserfassung. Trotzdem ermöglicht dieses Desinfektionsmittel relativ einfache und betriebssichere Anlagen mit niederen Investitionen [2]. Die Chlordesinfektion ist bioadaptiert, das heisst der menschliche Organismus ist bereits durch die Trinkwasserchlorierung an Chlorspuren gewohnt. Die Gefahr einer Salzsäurebildung kann durch periodische pH-Messungen und pH-Korrekturen verhindert werden.

Javellewasser

enthält Natriumhypochlorit NaClO, unwirksame Natronlauge NaOH und Re-

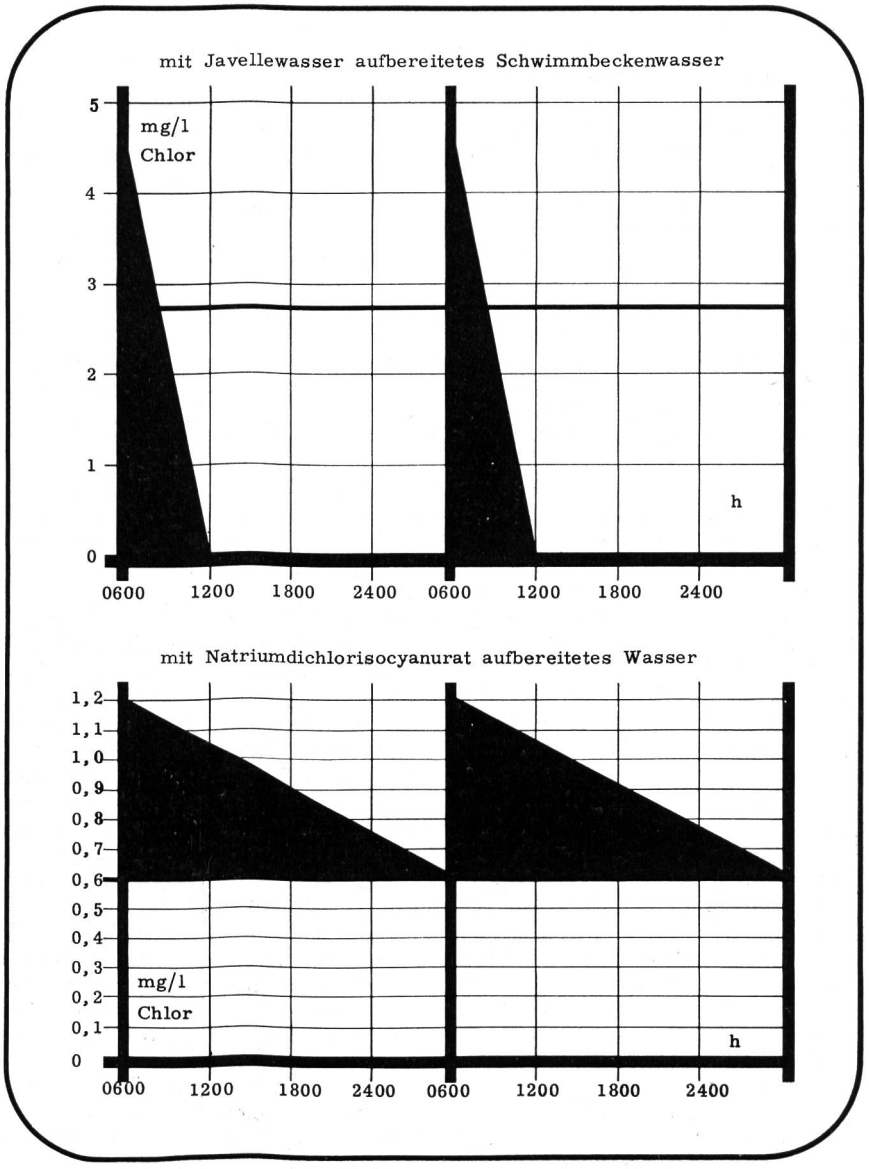

Abb. 1. Vergleich der Beständigkeit des Aktivchlorgehaltes mg/l Chlor über einen Tag in Badewasser mit Javelle bzw. Natriumdichlorisocyanurat (nach FMC Corp., Inorganic Chemicals Div., New York)

aktionsprodukte wie $NaClO_3$. In frischer Lösung sind etwa 15 % Aktivchlor enthalten. Dieser Gehalt nimmt durch die Lagerung noch ab. Javellewasser stört das pH-Gleichgewicht durch den hohen Laugengehalt und steigert den Salzsäureverbrauch zur Neutralisation.

Chlorkalk
$CaCl(OCl) \cdot Ca(OH)_2 \cdot 5\,H_2O$, weisses krümeliges Pulver, alkalisch, in Wasser wenig löslich, 25 bis 36 % Aktivchlorgehalt, bewirkt Kalkabscheidungen an Wänden und Rohrleitungen. Geeignet zur Desinfektion von Stallungen, Latrinen und Konfiskaten.

Lithiumhypochlorit
LiClO, LiOH und Reaktionsprodukte, besser lagerfähig, für gewisse Pflanzen toxisch auch als verbrauchtes Desinfektionsmittel (Li^+).

Chlordioxid
ClO_2, gelblich-rötliches Gas, Geruch chlorähnlich, schwerer als Luft 3 g/l, MAK 0,3 mg/m³ toxische Grenze, empfohlen zur Entkeimung von Wasser nach Benarde und Stäheli [14] hergestellt aus

Natriumchlorit
nach:

a) $2\,NaClO_2 + Cl_2 = 2\,NaCl + 2\,ClO_2$
b) $5\,NaClO_2 + 4\,HCl = 4\,ClO_2 + 5\,NaCl + 2\,H_2O$

In der Schweiz hat sich Methode b, zum Beispiel aus 7,5 % $NaClO_2$ und 8 % HCl bei Mischung durchgesetzt. Die beiden Chemikalien und die Lösungen müssen in getrennten Räumen aufbewahrt werden. ClO_2 entwickelt sich bei pH = 3,0 optimal. Chlordioxid zersetzt sich in Wasser zu Chlor und Sauerstoff. Der pH-Wert kann mit der Dosierung der beiden Komponenten im Becken direkt gesteuert werden. Das Konzentrat gehört zur Giftklasse 2.

Cyanurchlorid
2,4,6-Trichlor-1,3,5-triazin, farblose Kristalle, wenig löslich in Wasser unter Zersetzung zu aktivem Chlor. In den USA zur Badewasserentkeimung nicht zugelassen. Das Konzentrat gehört zur Giftklasse 3, das heisst, es ist weniger toxisch als Klasse 2.

Poolit B
Natriumdichlorisocyanat (Natriumdichlor-s-triazin-trion) $Cl_2Na(NCO)_3$. Weisses Pulver, etwa 0,6 kg/l Schüttgewicht, 64 % Aktivchlorgehalt [3]. Geringe pH-Beeinflussung im Vergleich zu Hypochloriten. Als Pulver gefährlich (Giftklasse 3, LD_{50} [50 % tödlich] 1,67 g/kg bei Ratten). Brandgefahr wenn mit Oelen, Sägemehl usw. vermischt.

Di-Halo
Organische Verbindung mit Chlor und Brom, in Wasser wenig löslich, unter Zersetzung zu aktivem Chlor und Brom [4], Heterozyklus mit Stickstoff, vergleichbare Eigenschaften mit Cyanurchlorid und Poolit B. Als Konzentrat Giftklasse 3. Erzeugt verminderten Chlorgeruch in der Luft über dem Swimming-Pool.

Brom
Br, dunkelbraune Flüssigkeit, die in Wasser rasch absinkt und schwer löslich ist: 3,55 g Br in 100 g Wasser bei 20 °C = Bromwasser. Dieses wird zur Badewasserdesinfektion angewendet, stärkerer Geruch als Chlor. Reines Brom entwickelt unangenehm beissend riechende, giftige Dämpfe. In 100 000facher Verdünnung noch leicht zu riechen, ab 10 000facher Verdünnung Bronchienreizungen erzeugend, MAK-Wert 0,7 mg/m³. Giftklasse 1 (hohe Gefährlichkeit).

Ozon
O_3, hochaktiver Sauerstoff, in Spuren in der Luft oder im Wasser erzeugbar, leicht O-Atome abgebend (in status nascendi), bleicht durch Oxidation rasch jede Art organischen Materials. In den USA zur Badewasserentkeimung nicht zugelassen. Entkeimung ohne chemische Rückstände durch das Desinfektionsmittel und dadurch weniger pH-Veränderung verursachend.

Kupfer oder Silber
Cu und Ag wirken in kolloidaler Form und als Ionen sehr bakterizid und als ausgesprochene Zellgifte. 200 µg/l Silber genügen für eine mehrwöchige Aufbewahrung von reinem Wasser und sind als Zusatz in Getränken zugelassen (nach Gesundheitsamt Bern).

Ideale Trinkwasserentkeimung für Notwasserversorgung, jedoch ebenfalls nicht von andauernder Wirkung. Kupfer und Silber können elektrolytisch in das Wasser gebracht werden. Das Kupfer dient als Flockungsmittel vor dem Filter und das Silber als Entkeimungsmittel nach dem Filter. Diese Methode dürfte die für die Zukunft bedeutsamste sein. Es treten keine Chlor- oder andere Halogengerüche und kein Halogenamin auf.
Schliesslich können die Halogene Chlor und Brom auch aus chlorid- oder bromidhaltigem Wasser mit der Elektrolyse erzeugt werden.
Kupfer- und Silbersalze, Biozide oder Chlor werden auch zur Schockbehandlung des verkeimten Badewassers verwendet und in Schockkonzentration dosiert. Bis zum Verbrauch der Schockkonzentration kann in solchem Wasser nicht gebadet werden.

3. Optimale chemische Zusammensetzung

Nach biologischen Erfahrungen und verfahrenstechnisch-chemischen Beobachtungen an zahlreichen Schwimmanlagen muss gesundes Badewasser auf einen pH-Wert von 7,2 bis 7,8 bei 25 °C unter elektronischer pH-Messung eingestellt werden. Diese Erkenntnisse, Beobachtungen und Erfahrungen des Verfassers unterstützt neuerdings auch *Schaetzle* [11].
Nach SIA [1] betragen die Sollwerte pH = 7,1—7,4 und sind etwas zu tief. In extremen Fällen mit hohem Kalk- oder Alkaliengehalt natürlicher Herkunft darf der pH-Wert ohne die einleitend genannten Nebenerscheinungen bis 8,0 (25 °C) ansteigen. Die Wasserhärte bestimmt man zum Beispiel auf einfache Weise mit einem Testsatz, wie er von verschiedenen Herstellern geliefert wird. Dabei entspricht bei aquatest® [12] jeder Tropfen Lösung b einem Grad deutscher Härte (1 °d. H. = 1,8 °fr. H.).
Reizungen der Schleimhäute, der Augen, der Haut usw. bleiben nur dann aus, wenn gleichzeitig der Desinfektionsmittel- und Biozidgehalt genügend tief ist. Man misst dabei im Badebassin (Daten bei genauer chemischer Analyse und genauen elektronischen pH-Messungen zutreffend) bei pH = 7,4 und 25 °C (± 3 °C):

Tabelle 1

Badebassin, pH = 7,4 (25 °C) *	Bei starker Sonnenbestrahlung, warmem Wasser und hoher Badebelastung	
	[Cl] mg/l max. zulässig	mg/l Aktivelemente min. notwendig [Cl]
Chlor oder Brom (verschiedener Herkunft)	0,5	0,1—0,2 Cl, Br
Chlor beim Brechpunktverfahren	1,5	0,1—0,2 Cl
Di-Halo [4]	0,6—1,0	0,1—0,2 Cl, Br
Ozon	0,1—0,2	0,05 O_3
Bulitex [10], Poolit B[3]	0,6—1,0	0,1—0,3 Cl

Nach einer Untersuchung des amerikanischen Gesundheitsdienstes über die notwendige Chlorierung zur völligen Zerstörung von Bakterien, ohne Viren und Phagen, in Abhängigkeit des pH-Wertes. Das Gleichgewicht zwischen undissozierter unterchloriger Säure HClO und dem Hypochlorition befindet sich bei pH = 7,3. Es ist für die grundsätzliche Desinfektionswirkung mit Chlorderivaten von Bedeutung.

---

* Sobald der pH-Wert ansteigt, ist für die gleiche quantitative Wirkung ein höherer Desinfektionsmittelgehalt notwendig *(Tabelle 3)*. Die keimtötende Wirkung nimmt mit dem Anstieg des pH-Wertes ab, und die Reizung der Schleimhäute nimmt zu.

10 min Behandlung		Noch nach 60 min wirksam bei		80 min Behandlung bei (nach NRC, USA)	
pH =	mg/l Chlor	pH =	mg/l Chlor	pH =	mg/l Chlor
6,0— 8,0	0,2	6,0—7,0	1,0	< 6,8	2,0
8,0— 9,0	0,4	7,0—8,0	1,5	9,2	0,2
9,0—10,0	0,8	8,0—9,0	1,8	10,0	0,6
				> 10,0	3,0

Tabelle 2
100prozentige Zerstörung von Bakterien in Abhängigkeit des pH-Wertes bei 20 bis 25 °C mit Aktivchlor (HOCl bzw. OCl—) [13]

Die Messung von freien Halogenen wie Chlor und Brom ist normalerweise mit Teströhrchen genügend genau durchführbar. Der pH-Wert kann in Gegenwart der Desinfektionsmittelspuren mit einer einfachen elektronischen Schnellbestimmung genau gemessen werden [5]. Trübes Wasser vergleicht man mit klarem Wasser am besten mit Hilfe einer schwarzen Scheibe von 5 cm Durchmesser auf dem Grund des Bassins (Secchi-Scheibe), die noch aus 10 m seitlicher Entfernung erkennbar sein soll. Grossanlagen können mit Trübungsfotometer in industrieller Ausführung für dauernde Ueberwachung mit Alarm und Registrierung, eventuell mit einer automatischen Steuerung des Filtrationsvorganges ausgerüstet werden. Es wird vorgeschlagen, das Ausmass der Umwälzung und die Fällungsmitteldosierung über die Trübungsmessung zu regeln, vorausgesetzt dass entsprechende Grosseinheiten zur sehr starken Abkürzung der Umwälzzeit vorgesehen werden. Die Tagesspitze an Verunreinigung könnte mit dieser mehr mechanischen Lösung besser bewältigt werden *(Abschnitt 9).*

Jedes Desinfektionsmittel hat im Hinblick auf die Einwirkung auf den Badenden seine besonderen Eigenschaften. Der menschliche Körper wird künstlich aufbereitetes Wasser in einem künstlich angelegten Swimming-Pool stets als unnatürlich empfinden. Aber auch natürliches Meerwasser als ideale Badegelegenheit verändert die Haut und lässt eine starke Reaktion eintreten.

4. Bemerkungen zu Desinfektionsmitteln

Chlor, eingetragen in Form von Chlorverbindungen oder Chlorgas, ist das bisher gebräuchlichste und erfolgreichste Desinfektionsmittel. Der Badende ist auch am besten daran gewöhnt. Schon im Trinkwasser erfolgt eine partielle Abhärtung gegen Chlorspuren. Unter Sonnenbestrahlung und pH-Wert unter 7,2 kann sich mit sämtlichen Chlor- oder Brom-Produkten Salzsäure bilden, der pH-Wert sinkt noch mehr ab, und die Korrosionsgefahr nimmt zu. Hartes Wasser ist daher für Badewasser einfacher aufzubereiten.

Brom (lateinisch bromos, der Gestank) ist chemisch sehr stark verwandt mit Chlor, kommt aber im menschlichen Körper nicht als Baustein vor wie zum Beispiel das Chlor als Chloridion. Die Auslaugung der Haut nimmt nach bisherigen experimentellen Vermutungen etwas stärker zu, beobachtet wurden jedenfalls stark vermehrte Allergien in Form von Hautreizungen und Spannungen um die Augen, die Nasenschleimhaut und den Rachen. Dabei sind natürlich Allergiker empfindlicher als die meisten Badenden. Verschiedene Personen reagieren auf Brom grundsätzlich oder empfinden dieses deutlicher als Chlor. Ein Hallenbad mit Bromdesinfektion riecht nur anscheinend nach erhöhter Hautausdünstung. Diese Erscheinung ist durch den Eigengeruch des Broms (bromos) zu erklären.

Die hohe Zersetzlichkeit des *Ozons* erschwert seine Anwendung erheblich. Die Herstellung mit Hilfe von Hochspannungsentladungen ist wegen des ausserordentlich geringen Wirkungsgrades sehr aufwendig. Es gibt jedoch keine bessere Herstellungsmethode. Wird Ozon für den Menschen fein und ungefährlich im Badewasser dosiert, so ist es bis zum Ort der noch notwendigen Wirksamkeit längstens verbraucht, zum Beispiel in der Mitte des Swimming-Pools, in Ecken mit fehlender Strömung und dadurch stark erhöhter Wasserverunreinigung oder in Hautnähe. Ozon ist ausserordentlich unstabil, durch die Schwerlöslichkeit in Wasser können lokal zum Beispiel im Vormischbeckeneinlauf nur geringe Konzentrationen erzielt werden, was den Wirkungsgrad ebenfalls verschlechtert. Eine geringe Ozonisation ist für die optische Aufbereitung des Badewassers erwünscht. Ozon allein genügt aber nicht zur Aufbereitung, das Algenwachstum kann mit Ozonkonzentrationen von 0,05 bis 0,3 mg/l nicht verhindert werden, dabei liegt die zulässige Grenze bei 0,1 mg/l. In den USA ist Ozon für die Badewasserentkeimung vom Gesundheitsdienst verboten worden. Von Ozon wird behauptet, die Auslaugung der Haut werde erhöht und damit allergischen Reaktionen Vorschub geleistet. Ozon entsteht nun auch in elektrostatischen Kopierautomaten in relativ hohen Konzentrationen für die Umgebungsluft; als Folge kann unter anderem Kopfschmerz auftreten. Leider nimmt die Ozonerzeugung auch durch andere Apparatequellen laufend zu. Da auch die Sonne durch UV-Strahlen, besonders in Bergeshöhe, vermehrt Ozon erzeugt (man spricht von Reizklima auch aus diesem Grund), gehört dieses mit zum Leben. Die Natur hat die Feststellung von Ozon vorgesehen, geringe Spuren von 0,025 mg/m³ Luft werden beim Einatmen bereits festgestellt und als angenehm empfunden. Bei Ueberdosierung nimmt die Wahrnehmung wie auch bei anderen chemischen Substanzen zuerst zu und dann wieder ab, die Nase wird unempfindlich, und darin, das heisst im Erhalt einer nicht vorausgesehenen Ueberdosis, liegt die Gefahr.

Javelle-Wasser ist das scheinbar preisgünstigste Desinfektionsmittel, jedoch nimmt der pH-Wert zu schnell zu, und das Wasser muss in der Folge total ersetzt werden. Auch ist der Gehalt an aktivem Chlor viel tiefer und nimmt rasch ab, der Verbrauch viel grösser und daher die Kosteneinsparung eine Täuschung.

Etwas besser steht es mit Lithiumhypochlorit, das chemisch nahe verwandt ist mit Javellewasser. Da das Lithiumion zum Beispiel bei Zitrusfrüchten bereits über 0,1 mg/l in der Wurzelgegend toxisch wirkt, sind Bedenken anzumelden [6]. Allerdings schützt eine Kalkzufuhr vor dieser Wirkung des Lithiums.

Schwerlösliche organische Verbindungen mit Chlor- oder/und Bromgruppen, die in Wasser langsam zu Hypochlorit oder/und Hypobromit zersetzen, sind in neuster Zeit angewendet worden. Konfektionsformen in weissen Sticks [4], Pulver [3] oder Kugeln [10] sind erhältlich und ermöglichen auch bei kleinen Swimming-Pools eine einfache und übersichtliche Dosierung. Die im Wasser entstehenden Produkte sind die Halogene, etwa freies Chlor und zum Beispiel das Zersetzungsprodukt in Form der löslichen Cyanursäure. Diese Verbindung absorbiert das ultraviolette Licht bei direkter Sonneneinstrahlung, die sonst die Reaktion des Chlors zu Salzsäure zur Folge hat. Die UV-Absorption verhindert daher einen raschen Abbau des Aktivchlorgehaltes und eine stärkere pH-Verschiebung. Der gewünschte ideale pH-Bereich von etwa 7,4 bis 7,8 lässt sich bei der Anwendung dieser Desinfektionsmittel ohne erhebliche Korrekturen durch Lauge oder Säure einhalten.

Jede wirksame Dauerdesinfektion von Schwimmbädern beginnt man mit einer relativ starken Ueberdosierung. Dazu eignet sich der «Chlorschock» am besten. Sämtliche Keime und Lebewesen im Wasser werden abgetötet und verschiedene chemische Verbindungen

von Spurenverunreinigungen des Wassers durch Oxidation und die anschliessende mechanische Filtration entfernt. Der unzulässige Aktivchlorüberschuss baut sich nach *Abbildung 1* rasch ab, so dass mit dem Baden begonnen werden kann.
Eine sofortige UV-Absorption kann durch direkte Dosierung des Zersetzungsproduktes Cyanursäure (z. B. Poolit A [3]) auf rund 25 mg/l erreicht werden. Gewisse Produkte sind vom amerikanischen Gesundheitsdienst bereits zugelassen worden (CDB 63 nach [3], FMC Corp. USA).
Während beim Di-Halo-Verfahren das Desinfektionsmittel im Nebenanschluss in der Wasserzuleitung kontinuierlich dosiert wird und von Hand oder programmiert gesteuert werden muss (zuverlässige elektronische Messgeber für den Aktivchlorgehalt sind noch nicht auf dem Markt), lässt man die Kugeln (z. B. Bulitex) auf der Wasseroberfläche in Plastic-Körben schwimmen oder legt diese in den Skimmer. Pulver wird ganz einfach über die Wasseroberfläche und den korrosionsfesten Skimmer verstreut. Grundsätzlich sind alle Desinfektionsmittel in konzentrierter Form sehr gesundheitsschädlich oder lebensgefährlich. Die Handhabung von Chlorgas untersteht besonderen gesetzlichen Vorschriften der Unfallverhütung und erforderte bisher einen speziellen Chlorraum [1].
Die Elektrochlordesinfektion beeinflusst den pH-Wert so stark wie die Javellewasserdosierung.
Der pH-Wert des Badewassers steigt praktisch durch jede Desinfektionsmitteldosierung, durch die «Alterung» des Wassers und durch die Verdampfung mit Kohlensäure-Entgasung langsam an. Wird er nicht überwacht, so kann ein gesamter Ersatz des Wassers, zum Beispiel wegen zu hohen Kalkgehalts (Wasserhärte, Kap. 3) und falscher Desinfektionsmitteldosierung durch die reduzierte Reaktionsfähigkeit, unumgänglich werden. Die Wasserhärte hält man in kalkreichen Quellgebieten wie Alpennordseite, Mittelland, Jura und nördlichere Gebiete durch Teil- oder Vollentsalzung des Rohwassernachbedarfs genügend tief, nach *Schaetzle* [11] unter 10—8,5 ° d. H. (vgl. Abschnitt 9).
Die pH-Korrektur zu alkalischen Badewassers ist auch notwendig, um an den Wänden und Rohrsystemen die Ablagerung von Kalk zu vermeiden oder einzuschränken. Kalkablagerung vermindert die Leistung von Pumpen und Filtrationsanlagen. Bei periodischer genauer Messung und pH-Korrektur kann diese mit Salzsäure nach folgender Anleitung erfolgen:

Tabelle 3. Dosierungsbeispiele Desinfektionsmittel

Handelsmarke	Aktivchlor	Form	Startdosis mg/l	Startdosis g/m³	Wirkungsdauer	Nachdosierung mg/l täglich
Di-Halo [4]	63 %	Stücke	Apparatur		kontinuierlich steuern [1]	
Bulitex [10]	85 %	Kugeln	7[2] =	7	10—14 Tage	1 [1]
Poolit B [3]	63 %	Pulver	10 =	10	10—14 Tage	1 [1]

[1] Unter Messung des Aktivchlorgehaltes und des pH-Wertes (elektronisch) und Korrektur nach Tabelle 2 und der Abschnitte 5—9.
[2] Entspricht 1 Kugel Bulitex zu 210 g/30 m³ Wasser.

5. Material für die pH-Titration

— Automatisches, elektronisch messendes Portable-pH-Meter mit Batteriebetrieb, spritzwassersicher oder wasserdicht.
— 5-Liter-Verpackungseimer Plastic mit Drahtbügel und Deckel.
— 2-ml-Plasticspritze ohne Kanüle, Teilung 0,1 ml.
— Swimming-Pool-Notizbuch und Wäscheklammer.
— Salzsäure purum verdünnt 1 : 2 (oder Sodalösung 15 % falls pH zu tief).

Temperatur und pH-Wert direkt am Swimming-Pool messen. Mittel von Zulauf, Mitte und Ablauf.
pH-Wert korrigieren, falls zu hoch gegenüber dem Idealwert nach bisheriger Erfahrung oder zu tief bei starker Chlorierung unter Sonneneinstrahlung.
Die notwendige Menge Salzsäure (pH zu hoch) bzw. Natronlauge oder Soda (pH zu tief) durch eine Handtitration an 4 l Wasserprobe mit Endpunktanzeige über das pH-Meter bestimmen, um den pH-Wert zu korrigieren.

Beispiel:
pH-Wert vor der Korrektur: 25 °C
pH = 8,4
pH-Wert nach Salzsäurezusatz:
pH = 7,6

6. Durchführung der Titration von Hand
4 Liter Wasserprobe in den Verpakkungseimer einfüllen, Drahtbügel des Eimers aufstellen und die pH-Elektrode mit einer Wäscheklammer an diesem Bügel höchstens zur Hälfte des Glasschaftes eintauchend befestigen. Von der zu verwendenden Salzsäure mit Hilfe der 2-ml-Plastic-Spritze so lange dosieren, bis der pH-Wert nach starkem Mischen auf beispielsweise 7,6 abgesunken ist:

Beispiel:
0,20 ml (etwa 10 Tropfen Salzsäure für 4 Liter) pH = 8,2
0,50 ml total bis pH = 7,6

ergibt berechnet:
50 ml für 400 Liter
½ l für 4000 Liter
5 l für 40 m³
Salzsäure 1 : 2 pro Bassininhalt

Die notwendige Menge Salzsäure hängt vor allem vom Kalkgehalt und einer allfälligen überschüssigen Javelwasserdosierung oder anderen alkalischen Desinfektionsmitteln ab. Es kann auch mit konzentrierter Salzsäure titriert werden (kleinere Zahlenwerte). Die berechnete Menge wird dann abgemessen und etwa 1 : 2 verdünnt im Bassin verteilt. Die Säure ist an verschiedenen Stellen des Bassins einzugiessen, falls nicht eine eingebaute Dosier- und intensive Mischeinrichtung vorhanden ist. Dabei ist jegliches Baden verboten.
Der Praktiker wird sehr bald auf Grund einiger Titrationen den notwendigen Säurebedarf im voraus erkennen und anhand der elektronischen pH-Messung und unbeeinflusst von Sonne, Schockbehandlung oder Gehalt an Desinfektionsmitteln zuverlässige Korrekturen anbringen können. Unter dem Einfluss des Sonnenlichtes werden biologische und chemische Reaktionen gefördert. Chlor, Brom und ihre Hypochlorite reagieren mit Wasser bei nicht UV-absorbierter Sonnenbestrahlung zu Salzsäure oder Bromwasserstoff und erniedrigen den pH-Wert. Besonders bei weichen Wässern in kalkarmen Regionen sinkt er rasch unter pH = 7,3. Eine Lauge-, Natriumbikarbonat-, Soda- oder Kalkdosierung wird notwendig.

7. Für jede Behandlung des Badewassers ist der pH-Wert zu überwachen
Bei fehlendem Desinfektionsmittel und pH-Optimum für die Oxidation von Algen und anderen Lebewesen wird das Wachstum rasch zunehmen. Schockbehandlungen mit Algiziden (Bioziden) wie organische Verbindungen, Chlor oder Kupfersulfat werden notwendig. *Höll* [8] desinfiziert das Badewasser möglichst neutral bei pH = 7,2 bei einer Schockbehandlung mit Kupfersulfat 3—8 mg Cu SO_4/l je nach chemischer Wasserzusammensetzung. Augenreizungen, Chlorgeruch, Chlorphenolbildung und der Umgang mit Chlorgas oder solchen Verbindungen fallen dabei weg. Die Algenbildung wird auch verhindert. Das Badewasser färbt sich nach den Vorstellungen des Badenden leicht bläulich. Eine kleine Schwierigkeit stellt der verlangte tiefe pH-Wert von 7,2 dar, der in kalkreichen Gegenden ohne chemische Behandlung nicht erreicht werden kann.

8. Trübung vermeiden
Als besondere Erscheinung in Gemeinschaftsbädern wurde die Trübung durch Emulsion von Rückständen vieler Hautcremen, Sonnenschutzmitteln und Hautschutzcremen beobachtet. Trübungen von feinsten festen oder halbfesten Teilchen entfernt man mit mechanischer Feinfiltration und Fällungsmitteln mit Filtration. Besser ist die Vorschrift, vor dem Bade gut zu duschen und die Haut erst nach dem Bade durch Cremen zu schützen. Vorheriges Waschen mit Seife entfernt die Hautcremen fast vollständig. Fetthaltige Produkte kann das Wasser mit seinem Gehalt an Des-

infektionsmitteln nicht verarbeiten. Der pH-Wert wird davon wenig beeinflusst.

9. Gute Funktion bei kurzer Mischzeit

Die Umwälzung des Wassers ist bei den meisten Badeanlagen zu langsam. Dadurch werden Salzsäure, Lauge, Schockbehandlungen mit Chlorstössen, Bioziden oder Kupfersulfat erst nach langer Aufenthaltszeit im Swimming-Pool verteilt.

Leider wurde in der bisher gebräuchlichen Praxis der kurzen Umwälzzeit nicht die Bedeutung zuerkannt, die sie hat, obschon aus der Abwasserentgiftung bekannt ist, dass die Umwälzung sehr rasch, zum Beispiel innert 10 Minuten, für eine totale Volumenerneuerung erfolgen muss [9]. Die SIA-Norm [1] variiert für eine «einmalige» Umwälzung je nach Badgrösse die Umwälzzeit zwischen zwei und sechs Stunden. Mit solch langen Umwälzzeiten ist es nicht möglich, eine Desinfektionsmitteldosierung und eine ausreichende mechanische Filtration nach dem Bedarf des stark benützten Wassers zu steuern. Die richtigen Desinfektionsmittelbedingungen im Chlorgehalt, gelöstem Sauerstoff, ausreichender Teilchenfiltration mit Fällungsmitteln und einer pH-Regelung können nur mit viel kürzeren Umwälzzeiten von zum Beispiel 30 bis höchstens 60 Minuten für den vollständigen Ersatz eines Bassininhaltes erreicht werden. Das verunreinigte Wasser wird dabei kontinuierlich vom gereinigten und desinfizierten Frischwasser verdünnt, was den Wirkungsgrad reduziert. Die regelungstechnische Totzeit ist kurz genug, wenn innert etwa 15 bis 25 Minuten umgewälzt wird. Natürlich hängt die notwendige Geschwindigkeit der Aufbereitung mit der Badewasserbelastung zusammen. Durch den schnellen Ersatz des Badewassers werden die erforderlichen Desinfektionsmittelkonzentrationen am Zulauf geringer und stören den Badenden nicht mehr merklich. Die Injektionsdüsen sollen direkt über dem Boden, in der Mitte und unter der Wasseroberfläche angeordnet und ihr Strahl justiert werden können.

Daten einer typisch neuzeitlichen Aufbereitungsanlage für ein öffentliches Kleinhallenbad:

Inhalt	320	m³
Mittlere Tiefe	1,5	m
Breite	8	m
Länge	17	m

Umwälzung ohne Badende 1 × in 4 h
Umwälzung mit Badenden 1 × in 90 min
Aluminiumsulfat-Zusatz
0,5 g/m³ Umwälzung
oder Fällung mit Kupferelektrolyse-Kupferion
Filtrierleistung mindestens 200 m³/h

Desinfektion mit Chlorgas, Chlordioxid aus Natriumchlorit mit pH-Steuerung oder mit Silberelektrolyse (oligodynamisch). Tägliche Kontrolle mit elektronischem Klein-pH-Meter.

Ein weiterer Vorschlag ist die Belüftung des Schwimmbeckens zumindest während der Nacht, man fördert damit die Mischung, die Oxidation durch das Auflösen von Sauerstoff der Luft und behält den sonst ansteigenden pH-Wert durch die Kohlensäureabsorption aus der Luft stabiler. Drei noch nicht genutzte Vorteile. Das Wasser behält dadurch auch erhöhte Kalkgehalte, eine höhere Wasserhärte wird zulässig. Mit Erfolg wird die Methode der Belüftung auf der Kläranlage eingesetzt, um den biologischen Abbau zu erzielen. Die Belüftung mit Hilfe eines am Boden des Bassins montierten Rohres entlang der Bassinmitte, mit periodischen Oeffnungen zur Luftentweichung, bewirkt gleichzeitig eine gute Mischung und vermeidet unerwünschte Absetzerscheinungen von Partikeln und gefährlichen Verunreinigungen im Bassin, wie sie in der bisherigen Praxis beobachtet wurden. Dabei genügt ein kleiner Ueberdruck, es ist keine Pressluft notwendig. Der pH-Wert lässt sich elektronisch verfolgen, für den Gehalt an gelöstem Sauerstoff gibt es ebenfalls präzise portable Messgeräte mit direkter Messwertablesung:

Tabelle 4
Löslichkeit des Sauerstoffes der Luft in Badewasser (mg/l)

°C	Meereshöhe 1000 mbar 760 mm Hg		965 mbar 725 mm Hg	900 mbar 675 mm Hg
	*	**		
15	10,2	9,8	9,7	9,0
20	9,2	8,85	8,7	8,1
25	8,4	8,1	8,0	7,4
30	7,7	7,5	7,3	6,8

* Nach Beckman Instruments Inc., Fullerton, Calif., USA
** Nach WTW, Dr. K. Slevogt, D-8120 Weilheim (Truesdale, Downing and Lowden)

Beide Messungen ermöglichen eine angepasste automatische Belüftung mit reduzierten Stromkosten.

In naher Zukunft werden neben der elektronischen pH-Messung die px-Messungen durch den Bademeister ausführbar, so zum Beispiel für die Kalkhärte pCa und anderen Ionen. Die Wasserhärtebestimmung erfolgt sonst nach Abschnitt 3.

Heute ist die elektronische pH-Messung durch ungeschultes Personal ausführbar [5].

Die Ausführungen dieses Kapitels führen zu einer Badewasser-Aufbereitung in neuer Sicht mit verbesserter Verfahrenstechnik. Es wurde angeregt, die Bäder periodisch an den frequenzreichsten Tagen nach Absprache mit dem Bademeister, chemisch und bakteriologisch zu analysieren, zum Beispiel in der Form eines Dauerabonnements mit einem Speziallaboratorium.

Literatur

[1] SIA, Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein Zürich, SIA-Norm Nr. 173, Ausgabe 1968, 8039 Zürich.

[2] Schaetzle P., Desinfektionsverfahren für Schwimmbäder, Gesundheitstechnik 2/70, S. 45 (Brunner Annoncen und Verlag AG, 8036 Zürich).

[3] Poolit A und B, Lieferant van Baerle & Cie. AG, Münchenstein.

[4] Schaetzle P., Di-Halo, Publikation von Häny & Cie., 8706 Meilen-Zürich.

[5] Wirz W., automatisch messende portable pH-Meter der Zukunft, Chemische Rundschau, 24 (1971) 26, Verlag Vogt-Schild AG, Solothurn. Variante: Schalttafeleinbau, Messung, Ueberwachung und automatische Regelung.

[6] U. S. Dept. Interior, Report of Committee on Water Quality Criteria Sec. IV, Agricultural uses, Federal Water Pollution Control Administration, 1968, pp. 111—184.

[7] Wirz W., pH-Werte, Messwert-Tabellen mit Interpretation, elektronische pH-Messung für jede Anwendung, Kap. 4.4.: Die Titration mit dem pH-Meter, wintion, 3115 Gerzensee.

[8] Höll K., Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung von Wasser, W. de Gruyter & Co., Berlin W 35, 1970, 4. Auflage.

[9] Wirz W., Grundsätzliches zur Abwasserentgiftung, Oberfläche, 1 (1960) 1, Forster-Verlag, Zürich.

[10] Bulitex, Lieferant Labulit AG, 8001 Zürich, Goethestrasse 12.

[11] Schaetzle P., Die Aufbereitung von Badewasser, Technische Information des Inspektorates VFWL, 8005 Zürich, Februar 1972.

[12] aquatest® zur schnellen und einfachen Bestimmung der Wasserhärte, Joh. A. Benckiser GmbH, Ludwigshafen/Rhein (Sträuli AG, 8401 Winterthur).

[13] Laubusch E. J., The American Water Works Association Inc., Water Quality and Treatment, 1971, 3. Auflage, McGraw-Hill Bock Comp.

[14] Benarde et al., Appl. Microbiol., 13 (1965) 776—780, Stäheli, Chemische Rundschau (CH - 4500 Solothurn) 1966, 829 bis 831.