

100 Jahre Desinfektion des Schwimmbadwassers mit Chlor

Rückblick und Ausblick

Prof. Dr. med. Dirk Schoenen, Arzt für Hygiene, Bonn

Vorwort von Prof. Dr.-Ing. Gunther Gansloser, Hannover

Chlor wird seit langem zur Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser eingesetzt, um eine Übertragung von Krankheitserregern mit dem Wasser zu verhindern. In dem nachfolgenden Artikel wird ein Rückblick auf den Weg des Chlors zum etablierten Desinfektionsmittel in öffentlichen Bädern gegeben. Der Artikel ist nicht als Abgesang auf den Chloreinsatz in öffentlichen Bädern zu verstehen. Er gibt nämlich nicht nur einen Rückblick, sondern auch einen Ausblick.

Die Notwendigkeit des Einsatzes von Chlor in Beckenwasser ist unbestritten. Der Umfang des Chloreinsatzes kann möglicherweise aber, ohne dadurch eine gesundheitliche Gefährdung der Badebesucher zu riskieren, in Verbindung mit anderen Verfahren zur Gewährleistung eines hygienisch-mikrobiologisch einwandfreien Schwimm- und Badebeckenwassers reduziert werden. Es fehlen aber Untersuchungsergebnisse über die Wirksamkeit des Chlors gegenüber Krankheitserregern unter den realen Bedingungen im Schwimmbad. Es müssen daher Desinfektionsuntersuchungen durchgeführt werden, bei denen das Verhalten der Krankheitserreger unter Bedingungen geprüft

wird, wie sie von einem Badegast an das Wasser abgegeben und von einem anderen Badegast möglicherweise mit dem Wasser wieder aufgenommen werden.

Kurzfassung

Seit bald 100 Jahren wird das Schwimmbadwasser mit Chlor desinfiziert, um eine Übertragung von Krankheitserregern zu verhindern. In Deutschland wurde Chlor erstmals 1916 in einem Bad in Breslau eingesetzt, um eine Ausbreitung von Typhus auszuschließen. In den folgenden Jahrzehnten wurde das Schwimmbadwasser gechlort, um die Übertragung der Schwimmbadkonjunktivitis (s. u.) zu verhindern, nachdem es zuvor speziell bei Badenden in einigen Berliner Bädern gehäuft zu Augenentzündungen (Konjunktivitis) gekommen war. Die Schwimmbadkonjunktivitis wird durch *Chlamydia trachomatis* verursacht, ein Krankheitserreger, der zu Urogenital- und Augenentzündungen führt und der jetzt als Verursacher einer „sexually transmitted disease“ (Geschlechtskrankheit) gilt.

Es gibt keine gesicherten Untersuchungen, die belegen, in welcher Weise eine Chlordesinfektion zuverlässig Erkrankungen verhindert, die dadurch verursacht werden, dass die Krankheitser-

reger von einem Badenden an das Schwimmbadwasser abgegeben werden und von einem anderen Badenden mit dem Schwimmbadwasser wieder aufgenommen werden können. Eine effektive Aufbereitung und eine optimale Wasserführung, verbunden mit einem raschen Austausch des am höchsten mit Krankheitserregern belasteten Wassers von der Oberfläche, können ggf. mehr zur Verringerung eines Infektionsrisikos beitragen als eine Chlordesinfektion.

Anfänge der Desinfektion von Wasser mit Chlor

1894 hat M. Traube, ein Schüler von Robert Koch, die ersten experimentellen Untersuchungen zur Abtötung von Krankheitserregern im Wasser mit Chlor durchgeführt.⁵⁷⁾ Er schreibt:

„Man kann also, wie aus den beschriebenen Versuchen hervorgeht, durch verhältnismäßig sehr geringe Mengen Chlorkalk und darauf folgende Behandlung mit Natriumsulfit, also auf sehr einfache und wenig kostspielige Weise in kurzer Zeit und beliebiger Menge ein keimfreies Wasser darstellen, ohne dass in dem selben nach erfolgter Sterilisation ein fremdartiger Bestandteil verbleibt.“

(Anmerkung des Autors: Der Begriff Sterilisation wurde seinerzeit gleichbedeutend mit Desinfektion verwendet.)

Trotz der überzeugenden Ergebnisse fand die Desinfektion des Wassers mit Chlor erst viele Jahre später Eingang in die Praxis.

1896 wurde in Pola an der Adria erstmals Chlor zur Desinfektion von Trinkwasser eingesetzt, um eine Typhus-Epidemie einzudämmen.⁵⁰⁾ Der nächste Einsatz erfolgte ein Jahr später in Maidstone, England, gleichfalls zur Bekämpfung einer Typhus-Epidemie. Ob der Einsatz von Chlor wesentlich zur Eindämmung der Typhus-Epidemien beigetragen hat, lässt sich nicht feststellen. Davor und danach hat es viele Epidemien gegeben, bei denen der Typhus-Erreger mit dem Trinkwasser übertragen wurde und bei denen die Epidemien auch ihr Ende fanden, ohne dass das Wasser desinfiziert wurde.

Erstmals 1902 wurde in Middelkerke (Belgien) Chlor zur permanenten Desinfektion des Trinkwassers eingesetzt. Ein Jahr später folgte die Nachbarstadt Ostende. Middelkerke und Ostende waren zu dieser Zeit berühmte Bade- und Kurorte, in denen sich z. B. der europäische Hochadel zur Sommerfrische traf. Der Einsatz von Chlor zur Desinfektion wurde nach einem Besuch von Whipel in Europa 1906 in den USA bekannt gemacht. Die Desinfektion des Trinkwassers mit Chlor fand in den USA rasch weite Verbreitung, weil sie wesentlich kostengünstiger als die Aufbereitung des Wassers mittels Filtration ist. 1910 gab es bereits mehr als 100 US-amerikanische Wasserversorgungen, die das Wasser mit Chlor desinfizierten, wie K. Imhoff und C. Saville nach einem Besuch in den USA in einem Beitrag im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung (später gwf) berichtet und empfohlen haben, auch in Deutschland die kostengünstige Chlordesinfektion (siehe Tabelle 1) einzuführen. Die Autoren weisen allerdings in ihrem Beitrag nicht auf Untersuchungsergebnisse hin, die belegen, dass der Zusatz von Chlor zur Bereitstellung eines seuchenhygienisch einwandfreien Wassers beiträgt.

	Einmalige Baukosten für 1 cbm der täglichen Wassermenge in M	Jährliche Betriebskosten mit Zins und Tilgung der Baukosten für 100 cbm Wasser in M
Langsame Sandfiltration	26,0	1,10
Amerikanische Schnellfiltration	15,0	1,10
Ozonbehandlung	3,0	1,50
Chlordesinfektion	0,13	0,05

■ *Tabelle 1: Preisvergleich für verschiedene Verfahren der Trinkwasseraufbereitung und Desinfektion in Mark (M)³⁷⁾*

In Europa und speziell in Deutschland wurde die Filtration des Wassers gegenüber der Desinfektion bevorzugt. Die zuverlässige Wirkung der Filtration hat sich bereits 1892 anlässlich der Cholera-Epidemie in Hamburg gezeigt.^{50, 51)} Altona blieb von einer Epidemie verschont, weil das Wasser im Gegensatz zu Hamburg für die Stadt filtriert wurde.

H. Bruns, erster Leiter des Hygiene-Instituts in Gelsenkirchen, führte 1911 die ersten Versuche zur Desinfektion des Trinkwassers bei Ruhrwasserwerken durch, als sich der Typhus im Ruhrgebiet ausgebreitet hatte. 1915 erhebt August Gärtner in seinem auch heute noch lesenswerten Buch „Die Hygiene des Wassers“ Bedenken gegen die Chlordesinfektion des Trinkwassers.²³⁾ Gärtner schließt das Kapitel „Sterilisation mit Chlor“, das im Wesentlichen von der Herstellung von Chlor zur Desinfektion und der Anwendung von Chlor zur Trinkwasserdesinfektion handelt, wie folgt: „Ob das Chlorverfahren berufen ist, bei uns mit in die Reihe der regelmäßigen Wasserverbesserungsverfahren einzutreten, muss die Zukunft lehren; dass es aber geeignet ist, als ein vorzügliches Aus Hilfsmittel, als eine gute Reserve zu dienen, daran kann schon jetzt kein Zweifel sein.“

Auf die Schwimmbadwasserdesinfektion verweist er wie folgt auf einen Bericht aus den USA:

„Nach Lewis hat man für das Hallenschwimmbad der North-Western Univer-

sity, dessen Wasser nur Sonnabends unter gleichzeitiger Reinigung des Beckens abgelassen wurde, durch einen wöchentlich ein- oder zweimaligen Zusatz von 2 g Chlorkalk auf 1 cbm ein hygienisch einwandfreies Wasser erhalten.“

Die ersten Versuche in Deutschland zur Schwimmbadwasserdesinfektion mit Chlor wurden 1912 in Frankfurt am Main durchgeführt. Grundsätzliche Erwägungen haben aber dazu geführt, dem Durchfluss den Vorzug vor der Chlordesinfektion zu geben.^{24, 32)} Die erste Anwendung von Chlor zur Schwimmbadwasserdesinfektion in Deutschland wurde 1916 in Breslau vorgenommen, nachdem zuvor das stark besuchte Hallenbad von Armeehygienikern geschlossen worden war.^{2, 60)} Sie befürchteten eine Übertragung von Typhus mit dem Schwimmbadwasser, weil die Gefahr bestand, dass Soldaten, die aus dem Osten auf Urlaub waren, Typhus einschleppten. Vergleichbare Einschränkungen des Badebetriebs gab es in anderen Städten nicht, obwohl den Autoren die Verhältnisse in Breslau nicht ungünstiger erschienen als in anderen Städten. Das Bad konnte wieder genutzt werden, nachdem das Wasser in dem Bad permanent mit Chlor desinfiziert wurde.

Die zuverlässige Wirkung des Chlors zur Schwimmbadwasserdesinfektion wurde nicht durch Untersuchungsergebnisse, sondern wie folgt belegt:²⁾

„Die keimtötende Wirkung des Chlors ist ja allgemein bekannt, wird doch Chlor-

kalk schon seit Jahren als eines der besten Desinfektionsmittel verwandt. Hier und dort wurde in Zeitungen und Fachzeitschriften auch schon wiederholt darauf hingewiesen, dass in Amerika das Wasser in den großen Bassinschwimmbädern mit Chlorkalklösungen oder auch mit einer elektrolytischen Flüssigkeit behandelt und dadurch wochenlang rein und gebrauchsfähig erhalten würde. Versucht ist meines Wissens dieses Verfahren in Deutschland noch in keinem Bade.“

Mit Einsatz des Chlors blieb das Wasser klar und brauchte nicht mehr, wie zuvor, täglich gewechselt zu werden. Die Kosten konnten so deutlich gesenkt werden, wie B. Bürger in seinem Beitrag von 1922 hervorhebt und an Hand einer Berechnung für eine geplante Anlage in einem Berliner Bad darstellt (siehe Tabelle 2).¹³⁾ R. Wagenknecht⁶⁰⁾ bestätigt die Kosteneinsparung auf Grund seiner Erfahrungen in Breslau in seinem Diskussionsbeitrag zum o. g. Beitrag von Bürger.

Die Chlorbehandlung des Wassers brachte einen großen wirtschaftlichen Vorteil, wie in der Literatur später immer wieder betont wird. Anfang 1922 wurde das Wasser außer in Breslau in zwei weiteren Bädern in Neukölln (Berlin) und Eppendorf (Hamburg) mit Chlor desinfiziert. Bürger begründet den Einsatz von Chlor jedoch nicht mit der Bekämpfung eines Infektionsrisikos durch Typhus, sondern mit der Übertragung der Schwimmbadkonjunktivitis (s. u.). Mit dem Hinweis auf das Risiko der Schwimmbadkonjunktivitis hat sich in den folgenden Jahrzehnten die permanente Desinfektion des Schwimmbadwassers mit Chlor durchgesetzt und gilt im Prinzip für Frei- und Hallenbäder als selbstverständlich. Diese Praxis hat auch ihren Niederschlag in Empfehlungen und Normen für den Betrieb von Bädern gefunden.^{6, 7, 8)}

Betrieb	Kosten	
	Betriebskosten ohne Chlorung und Wasserwechsel 2- bis 3-mal pro Woche	159 000
Chlordesinfektionsanlage	268 000	M
Betriebskosten mit Chlorung aber ohne häufigen Wasserwechsel	50 000	M / Jahr

■ **Tabelle 2:** Kostenberechnung von Bürger 1922 für ein Berliner Bad mit und ohne Chlordesinfektion.¹³⁾ Die Kosten für die Chlordesinfektionsanlage machen sich nach damaliger Abschätzung nach 2,5 Jahren bezahlt.

Betrieb der Bäder vor Einführung der Desinfektion mit Chlor

Vor Einführung der Chlordesinfektion des Schwimmbadwassers wurde das Wasser in den Bädern täglich abgelassen und wurden die Becken mechanisch durch Schrubben gereinigt, um eine gesundheitliche Gefährdung der Badegäste so weit wie möglich auszuschließen. Danach wurden die Bäder wieder gefüllt; gleichzeitig musste das Wasser aufgeheizt werden, um eine erträgliche Wassertemperatur, in der Regel aber nicht über 20 °C, zu erreichen. Wasserwechsel und Aufheizen führten zu erheblichen Kosten.

Die hohen Kosten führten jedoch dazu, dass in einigen Bädern auch ohne Desinfektion das Wasser nicht mehr täglich, sondern in Abhängigkeit von der Besucherzahl nur noch einmal oder mehrmals wöchentlich gewechselt wurde.^{13, 31, 35, 43, 49, 59)} Der Verzicht auf den täglichen Wasserwechsel und die Reinigung des Bades soll speziell in einigen Bädern Berlins zur Schwimmbadkonjunktivitis (s. u.) geführt haben.

Übertragung von Krankheitserregern mit dem Schwimmbadwasser

Die mit dem Schwimmbadwasser übertragbaren Krankheitserreger können auf unterschiedlichen Wegen in das Schwimmbadwasser eingetragen werden:

- mit dem Füllwasser,
- von außen, z. B. durch Fremdwasser oder Tiere,
- durch Vermehrung im System, wie *Pseudomonas aeruginosa* oder Legionellen, und
- durch den Badegast.

Eine weitere Möglichkeit für eine Übertragung von Krankheitserregern besteht auf Grund eines direkten Kontaktes zwischen den Badegästen oder über gemeinsam benutzte Gegenstände, wie z. B. Handtücher. Die direkte Übertragung von einer zur anderen Person oder über Gegenstände bleibt im Folgenden unberücksichtigt. Im Weiteren wird auf die Übertragung von Krankheitserregern mit dem Schwimmbadwasser und die permanente Desinfektion des Schwimmbadwassers mit Chlor zur Verringerung des Infektionsrisikos näher eingegangen.

Das Füllwasser muss frei von Krankheitserregern sein. Ein gesundheitliches Risiko durch Krankheitserreger im Füllwasser lässt sich nicht oder nur sehr unsicher durch eine permanente Desinfektion des Schwimmbadwassers beseitigen. Tiere müssen durch entsprechende Maßnahmen vom Bad ferngehalten werden, um den Eintrag von Krankheitserregern mit dem Kot bzw. dem Urin der Tiere auszuschließen. Bei Freibädern müssen ggf. Vergrämungsmaßnahmen gegen Wasservögel ergriffen werden, um z. B. einen massiven Eintrag von Salmonellen mit dem Kot der Vögel zu verhindern. Ein Infektionsrisiko für die Badegäste ließe sich nicht durch Einsatz eines Desinfektionsmittels verhindern, da der Kot zwangsläufig zu einer starken Chlorzehrung führt und damit eine Abtötung der Krankheitserreger verhindert wird.

Ratten müssen im Umfeld der Bäder konsequent bekämpft werden. Sie scheiden mit dem Urin Leptospiren aus, den Erreger des Morbus Weil, einer auch

heute noch gelegentlich tödlich verlaufenden Infektionskrankheit. Die Ratten führen nicht nur zu einer Kontamination des Schwimmbadwassers, sondern der Kontakt mit Urin führt auch im Umfeld der Bäder zu einem Infektionsrisiko, wenn die Badenden mit nackten Füßen herumlaufen. Der Zulauf von möglicherweise kontaminiertem Fremdwasser, wie z. B. in Form von Oberflächenwasser, das von den Flächen um die Becken von Freibädern herum abläuft, muss durch gestalterische Maßnahmen verhindert werden. Das Oberflächenwasser könnte zu einer Kontamination mit Krankheitserregern führen und würde gleichzeitig eine starke Chlorzehrung verursachen.

Pseudomonas aeruginosa, der Erreger von Haut-, Schleimhaut- und Ohrentzündungen, sowie Legionellen, die Erreger von gelegentlich tödlich verlaufenden Lungenentzündungen, können sich unter bestimmten Bedingungen speziell in den Filtern oder den Erwärmungsstufen von Bädern massenhaft vermehren und zu einem Infektionsrisiko bei den Badenden führen. Die Praxisbeobachtungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass in der Regel einer gesundheitlich bedenklichen Kontamination des Schwimmbadwassers mit *Pseudomonas aeruginosa* oder Legionellen durch eine Desinfektion mit Chlor begegnet werden kann. Ein Risiko bleibt jedoch so lange bestehen, wie sich die Krankheitserreger an bestimmten Stellen im System vermehren können, weil sie z. B. mit dem Wasser in das Bad transportiert werden, wenn die Desinfektionsmittelkonzentration sinkt oder auf Grund einer Änderung der Strömungsverhältnisse vermehrt aus der Aufbereitung in das Bad ausgespült werden. Eine grundlegende Verbesserung lässt sich nur dadurch erzielen, dass der Ort der Vermehrung aufgedeckt und als Quelle für die Kontamination des Schwimmbadwassers beseitigt wird. Die Desinfektion des Wassers mit Chlor kann daher bei Kontaminationen mit *Pseudomonas aeruginosa* und Legionellen nur

als vorübergehende Notlösung angesehen werden.

Der Badegast als Kontaminationsquelle für Krankheitserreger im Schwimmbadwasser

Der Eintrag von Krankheitserregern durch Badegäste und das Risiko für eine Übertragung dieser Krankheitserreger mit dem Wasser auf andere Badegäste wird als der entscheidende Grund für die permanente Desinfektion des Schwimmbadwassers mit Chlor angegeben.^{2, 11, 13, 14, 19, 20, 25, 26, 27, 35, 45, 48, 54, 58, 59, 62} Der Mensch trägt immer wieder Krankheitserreger mit sich und gibt sie dann auch an die Umgebung ab. Das gilt nicht nur, wenn jemand erkennbar erkrankt ist, sondern auch, wenn jemand selbst nichts von einer Infektion spürt oder irgendwelche Krankheitssymptome aufweist. Das kann darauf zurückgeführt werden, dass diese Krankheitserreger bei dem Betroffenen nicht zu erkennbaren Krankheitssymptomen führen (inapparente Infektion), oder Krankheitserreger werden ausgeschieden, nachdem die Erkrankung bereits überstanden ist, bzw. schon, bevor Krankheitssymptome aufgetreten sind. Ein Eintrag von Krankheitserregern ins Schwimmbadwasser kann daher nie ausgeschlossen werden.

Glücklicherweise können aber nicht alle Krankheitserreger, die beim Menschen zu einer Infektion führen, auch mit dem Schwimmbadwasser übertragen werden. Entscheidend für eine Übertragung mit dem Schwimmbadwasser ist, dass die Krankheitserreger in einer so großen Menge an die Umgebung abgegeben werden und so widerstandsfähig gegen Umwelteinflüsse sind, dass sie nach der Aufnahme mit dem Wasser eine Infektion auslösen können. An erster Stelle werden in diesem Zusammenhang die fäkal-oral übertragbaren Krankheitserreger (siehe Tabelle 3) angeführt. Sie werden über den Darm ausgeschieden und aus dem Perianal- und Urogenitalbereich ins Schwimmbadwasser abgespült. Die fäkal-oral übertragbaren Krankheits-

erreger sind dieselben, die auch mit dem Trinkwasser übertragen werden können. Typhus und Cholera waren die ersten Erkrankungen, von denen dies bekannt war. Aus der Tatsache, dass sie mit dem Trinkwasser übertragbar waren, wurde geschlossen, dass auch ein Risiko für die Übertragung mit dem Schwimmbadwasser besteht. Dementsprechend leiten sich die Maßnahmen zur Vermeidung von Infektionen durch Schwimmbadwasser auch von denen ab, die für das Trinkwasser entwickelt wurden.

Eine Gruppe von Krankheitserregern, deren Ausbreitung primär nicht in einen Zusammenhang mit dem Schwimmbadwasser gebracht wird, sind die, die über die Atemwege als sog. Tröpfcheninfektion von einer zur anderen Person, in der Regel über die Luft, übertragen werden (siehe Tabelle 4). Diese Krankheitserreger befinden sich im Speichel und vor allem im Sekret des Nasen-Rachenraumes. Sie werden beim Husten, Niesen und Sprechen an die Umgebung abgegeben und von dem Nächsten mit der Atemluft aufgenommen. Speichel und Sekrete aus dem Nasen-Rachenraum werden verstärkt abgegeben, wenn beim Schwimmen und Planschen Wasser in Mund und Nase eindringt, die Schleimhaut reizt und zur Sekretion anregt. Dies ist speziell bei nicht so geübten Schwimmern zu beobachten. Von offenen eitrigen Wunden können sog. Eitererreger wie *Staphylococcus aureus*, Streptokokken oder auch *Pseudomonas aeruginosa* an das Schwimmbadwasser abgegeben werden. Personen mit offenen Wunden sollten Schwimmbäder auch zum eigenen Schutz nicht aufsuchen.

So wie die Krankheitserreger an das Schwimmbadwasser abgegeben werden, kann davon ausgegangen werden, dass sich die meisten Krankheitserreger an der Wasseroberfläche bzw. in der obersten Wasserschicht befinden.^{10, 14, 30, 35, 39, 43, 55, 56} Nicht zuletzt aus diesem Grund wurden die Becken von Schwimmbädern mit Überlaufrippen, auch „Spei-

Bakterien	Viren	Parasiten
Cholera	Kinderlähmung	Amöbenruhr
Typhus	Hepatitis A und E	Giardia lamblia
Paratyphus	Enteroviren	Cryptosporidien
Salmonellen	Rotaviren	Toxoplasmen
Shigellen	Adenoviren	
Yersinien	Coxsackieviren	
Campylobacter	Norwalkviren (Noroviren)	
Leptospiren		
E. coli (EHEC)		

■ **Tabelle 3:**
Fäkal-oral übertragbare
Erkrankungen bzw.
Krankheitserreger, die
von einem auf den
anderen Badenden mit
dem Schwimmbadwas-
ser übertragen werden
können (die Liste er-
hebt keinen Anspruch
auf Vollständigkeit).

EHEC: Entero-
hämorrhagische
Escherichia coli

Bakterien	Viren
<i>Staphylococcus aureus</i> *	Rhinoviren (Schnupfen)
Streptokokken*	Influenza (Grippe)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Echoviren
Diphtherie	Adenoviren
Keuchhusten	Röteln
Meningitis°	Mumps
Tuberkulose	Coxsackieviren

■ **Tabelle 4:**
Krankheitserreger bzw.
Erkrankungen, die mit
Tröpfchen der Atem-
wege übertragen wer-
den und die auch von
Badenden an das
Schwimmbadwasser
abgegeben werden kön-
nen (die Liste erhebt
keinen Anspruch auf
Vollständigkeit)

* Eitererreger
° verursacht durch ver-
schiedene bakterielle
Erreger

rinnen“ genannt, ausgestattet und die Badenden aufgefordert, Speichel und Sekrete aus dem Nasen-Rachenraum in diese und nicht in das Wasser abzugeben.^{38, 39)} Ziel der Desinfektion des Schwimmbadwassers soll es sein, die von den Badenden mit dem Stuhl, Speichel oder Sekreten aus dem Nasen-Rachenraum und eitrigen Wunden abgegebenen Krankheitserreger in kurzer Zeit abzutöten, um eine Übertragung auf andere Badende zu verhindern.

Die Schwimmbadkonjunktivitis

Die Schwimmbadkonjunktivitis bedarf einer besonderen Betrachtung, da über Jahrzehnte mit dieser Erkrankung die besondere Notwendigkeit der Schwimmbadwasserdesinfektion begründet wird.^{11, 13, 15, 19, 20, 26, 27, 29, 32, 33, 40, 41, 42, 46, 54, 58, 59, 62)} Weitere, auch internationale Literatur zur Schwimmbadkonjunktivitis dieser Zeit ist bei Hans Beger zu finden.¹¹⁾ Die Schwimmbadkonjunktivitis ist eine Entzündung der Bindehaut des Auges. Sie ist seit den Anfängen des Betriebs von Badeanstalten bekannt.

P. Schultz berichtet 1899⁵²⁾ und 1900⁵³⁾ über insg. 48 jugendliche Männer (12 bis 26 Jahre) und Fehr 1900²¹⁾ über weitere 45 Männer mit Konjunktivitis, die alle das Ostbad in der Palisadenstraße in Berlin besucht hatten. Der Badediener soll „schlimme Augen“ gehabt haben.⁵²⁾ Er wurde auf Veranlassung der Gesundheitsbehörde entlassen, Augen-erkrankte sollten das Bad nicht mehr aufsuchen, schließlich wurde das Bad geschlossen. O. Huntemüller³⁶⁾ weist 1913 bei Personen mit Schwimmbadkonjunktivitis in den Epithelzellen der Augenbindehaut „Einschlußkörper“ nach, die denen beim Trachom sehr ähnlich sind und die er als Chlamydozoen bezeichnet hat.^{11, 54)} Im Gegensatz zum Trachom (Körnerkrankheit), einer sog. Schmierinfektion, die nach Jahren zur Erblindung führt, kommt es bei der Schwimmbadkonjunktivitis nicht zu bleibenden Schäden. Die Beschwerden können aber über Monate bestehen bleiben. Erich Seligmann gibt 1922 in dem Beitrag „Zur Hygiene der Hallenschwimmbäder“⁵⁴⁾ eine ausführliche Beschreibung

der Schwimmbadkonjunktivitis. Er berichtet über eigene Beobachtungen, die oben zitierten von Schultz und Fehr sowie die anderer Autoren.

Bei Besuchern von Berliner Bädern gab es gewisse Häufungen von Erkrankungen in den Jahren 1900, 1909, 1913 und 1918 - 1920 sowie in bestimmten Bädern. Betroffen waren ganz überwiegend Männer und Knaben, viele Mitglied von Schwimmvereinen. In Einzelfällen wurden entsprechende Erkrankungen auch bei Personen beobachtet, die keine Schwimmbäder besucht hatten. Der Erreger für die Schwimmbadkonjunktivitis konnte seinerzeit nicht nachgewiesen werden. Auf Grund der exakten Beschreibung des Krankheitsbildes, speziell der sog. „Einschlußkörper“, konnte die Schwimmbadkonjunktivitis später als Chlamydien-Infektion identifiziert werden.

Chlamydien konnten erstmals 1935 auf Hühnerembryonen angezüchtet werden. Bei dem Erreger der Schwimmbadkonjunktivitis handelt es sich um *Chlamydia trachomatis* Serotyp D - K; er führt zu Urogenital- und Augeninfektionen, wächst streng intrazellulär und gilt als Verursacher einer „sexually transmitted disease“ (Geschlechtskrankheit). In dem US-amerikanischen Fachbuch „Control of Communicable Diseases Manual“¹²⁾ wird zu „Chlamydial Conjunctivitis“ folgender Hinweis gegeben:

„The agent is generally transmitted during sexual intercourse; ... Occasionally older children may acquire eye infection from infected newborns or other household members; they should be assessed for sexual abuse. Outbreaks reported among swimmers in nonchlorinated pools have not been conformed by culture.“

Abschließend fordert Seligmann in seinem Bericht von 1922, dass das Schwimmbadwasser entweder häufig (täglich) gewechselt wird oder permanent mit Chlor desinfiziert wird. Hinweise auf den Erfolg der Maßnahmen werden nicht gegeben. Der Beitrag von Seligmann wird,

im Gegensatz zu dem von Bürger aus dem gleichen Jahr und obwohl er für den Einsatz des Chlors zur Desinfektion von entscheidender Bedeutung ist, später nur selten in der Literatur zitiert. In einem Beitrag im Gesundheits-Ingenieur von 1925³⁾ wird darüber berichtet, dass das Thema „Schwimmbadkonjunktivitis“ auch seinen Niederschlag in der Berliner Tagespresse gefunden hat und dass ein „Verband der Schwimmbadbeschädigten“ gegründet wurde, der die städtischen Behörden schadensersatzpflichtig machen wollte.

Vollständigkeitshalber wird darauf hingewiesen, dass auch andere bakterielle und vor allem virale Krankheitserreger eine Konjunktivitis auslösen können. Diese Erreger sind aber im Gegensatz zu den Chlamydien gegen Umwelteinflüsse sehr stabil, sie können auf unterschiedlichen Wegen auf den Menschen über-

tragen werden und führen auch zu Haut- und Schleimhautentzündungen.^{12, 61, 62)}

Effektivität der Chlordesinfektion von Schwimmbadwasser

Die Widerstandsfähigkeit von Mikroorganismen einschließlich der Krankheitserreger gegen Desinfektionsmittel ist ganz unterschiedlich. Auch die Wirkung der verschiedenen Desinfektionsmittel gegenüber verschiedenen Mikroorganismen unterscheidet sich erheblich. Die Effektivität eines Desinfektionsmittels gegenüber einem Mikroorganismus wird, wie auch bereits von Traube 1894 gezeigt, durch Laboruntersuchungen nachgewiesen. Um verlässliche und reproduzierbare Resultate zu erzielen, müssen die Mikroorganismen unter definierten Bedingungen angezchtet und anschließend sorgfältig gewaschen werden, um störende Wechselwirkungen zwischen dem Desinfektionsmittel und Res-

ten des Nährmediums auszuschließen. Nur so lässt sich eine exakte Dosis-Wirkungs-Beziehung feststellen. Außerdem dürfen die Mikroorganismen nicht in Klumpen aneinander haften; auch das würde das Ergebnis verfälschen.

Verlässliche Untersuchungen können ohne großen Aufwand mit Bakterien einschließlich der möglicherweise mit dem Schwimmbadwasser übertragbaren bakteriellen Krankheitserreger vorgenommen werden. Die evtl. mit dem Schwimmbadwasser übertragbaren bakteriellen Krankheitserreger können zuverlässig mit Chlor als Desinfektionsmittel abgetötet werden. Jedoch nicht alle dieser Krankheitserreger sind gegenüber Chlor so empfindlich wie *Escherichia coli* (*E. coli*), dem Indikatororganismus zur Überwachung des Schwimmbadwassers. Das kann im Einzelfall bedeuten, dass auf Grund eines fehlenden

Anzeige

B Beierlorzer GmbH

Seit mehr als 35 Jahren Kompetenz und Zuverlässigkeit in Nordrhein-Westfalen.

Planung, Verkauf, Montage, Kundendienst, Unterweisungen nach § 14.2 Gefahrstoffverordnung, 24 Stunden Notdienst

Dosier-, Mess- und Regeltechnik von Siemens Water Technologies (Wallace & Tiernan)

Alle Arbeiten werden durch unser qualifiziertes Fachpersonal ausgeführt

Sie profitieren von unseren langjährigen Erfahrungen aus den Bereichen öffentliche Bäder, Wasserversorger, Brauereien und der Industrie

Langekamp 20 – 22
D-45475 Mülheim an der Ruhr
Telefon 0208-99 40 90 • Fax 0208-99 40 999
Geschäftsführung Dipl.- Jur. Susanne Beierlorzer
www.beierlorzer-gmbh.de

TUV NORD Systems
Fachbetrieb nach § 19 I WHG
Betreut vom TUV NORD

Nachweises von *E. coli* bei einer Kontrolluntersuchung das Schwimmbadwasser als einwandfrei eingestuft wird, obwohl noch bakterielle Krankheitserreger vorhanden sind. Viele der ggf. mit dem Schwimmbadwasser übertragbaren viralen Krankheitserreger können noch nicht experimentell angezüchtet werden. Dementsprechend ist es bislang auch nicht möglich, ihre spezifische Widerstandsfähigkeit gegenüber Chlor oder auch anderen Desinfektionsmitteln zu überprüfen. Häufig wird daher auf Untersuchungsergebnisse mit Bakteriophagen, den Viren der Bakterien, zurückgegriffen. Eine verlässliche Aussage über die Empfindlichkeit der viralen Krankheitserreger ist damit aber nicht möglich.

Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass noch virale Krankheitserreger im Wasser vorhanden sind, obwohl sich eine Kontamination anhand einer Überwachungsuntersuchung mit *E. coli* nicht feststellen lässt. Von den parasitären Krankheitserregern, *Giardia lamblia* und Cryptosporidien, denen in den letzten Jahren ein besonderes hygienisches Interesse entgegengebracht worden ist, ist bekannt, dass sie gegenüber Chlor unempfindlich sind. Sie lassen sich nicht mit Chlor abtöten.

Die Forderung, dass die Desinfektionsmittelkonzentration im Schwimmbadwasser so hoch sein muss, dass *Pseudomonas aeruginosa* in 30 Sekunden um 4 log-Stufen reduziert werden müsse,^{22, 47)} bezieht sich entgegen der landläufigen Meinung nicht auf die praktischen Verhältnisse im Bad, sondern gilt für die Prüfung der Wirksamkeit eines Desinfektionsmittels unter experimentellen Bedingungen im Labor. Bei den Pseudomonaden, die bei einer solchen Prüfung eingesetzt werden, handelt es sich nicht um Organismen, die von einem Menschen an das Schwimmbadwasser abgegeben wurden oder z. B. aus einem Filter zur Schwimmbadwasseraufbereitung ausgespült wurden, sondern um Organismen, die unter standardisierten

Bedingungen im Labor kultiviert und für einen Vergleichstest vorbereitet wurden. Solche Tests sind erforderlich, um die Wirksamkeit von verschiedenen Desinfektionsmitteln miteinander vergleichen zu können, wenn z. B. ein anderes Desinfektionsmittel als Chlor in Bädern eingesetzt werden soll.

Dass es unzulässig ist, die Forderung nach einer Reduktion um 4 log-Stufen auf die Verhältnisse im Bad zu übertragen, zeigt sich in der Praxis, z. B. wenn *Pseudomonas aeruginosa* aus einem Filter ausgetragen und trotz einer Desinfektion mit Chlor nicht entsprechend reduziert wird. Das Gleiche gilt auch für die Forderung nach einer Reduktion von *E. coli* um 3 log-Stufen in 30 Sekunden.⁵⁾

Die von den Badenden mit dem Stuhl, Speichel oder Sekret aus dem Nasen-Rachen-Raum oder von offenen, eitrigen Wunden abgegebenen Krankheitserreger sind eingebettet bzw. umgeben von Substanzen aus dem jeweiligen Milieu.^{1, 14, 33, 35, 39, 44)} Diese Substanzen schützen die Krankheitserreger vor der Einwirkung des Desinfektionsmittels erstens dadurch, dass sie die Desinfektionsmittel zehren, d. h. chemisch so verändern, dass die Desinfektionswirkung verloren geht, und zweitens dadurch, dass sie den Übertritt (Diffusion) der Desinfektionsmittel vom Wasser zu den Krankheitserregern behindern. Außerdem werden die Krankheitserreger nicht einzeln abgegeben, sondern sie befinden sich in Klumpen mit einer Vielzahl von Organismen, die sich auch gegenseitig durch die Zehrung des Desinfektionsmittels schützen. Damit ist zumindest ein Teil der Krankheitserreger gegen die Einwirkung der Desinfektionsmittel gut geschützt. Die Desinfektionswirkung gegenüber einzelnen Organismen, wie sie bei Laboruntersuchungen zum Nachweis der Widerstandsfähigkeit gegenüber einem Desinfektionsmittel eingesetzt werden, ist nicht vergleichbar mit der gegenüber den Organismen, die von den Badenden unter natürlichen

Verhältnissen an das Schwimmbadwasser abgegeben werden.

Die Effektivität von Chlor zur Abtötung von Krankheitserregern im Schwimmbadwasser wird, soweit in der Literatur einsehbar, seit den ersten Anfängen, wie auch bereits beim ersten Einsatz 1916 in Breslau (s. o.), als selbstverständlich angenommen, nicht hinterfragt und auch nicht im Verlauf der Jahrzehnte durch Untersuchungsergebnisse belegt.

Immer wiederkehrende Themen der Schwimmbadwasserdesinfektion sind:

- Anlagen zur Herstellung und Dosierung von Chlor,
- Vor- und Nachteile der Verwendung von Chlorkalk, Chlorgas oder Chlorbleichlauge,
- Eintrag und Mischung von chlorhaltigem Wasser mit dem Beckenwasser,
- Nachweis von freiem (wirksamen) und gebundenem (unwirksamen) Chlor sowie
- Nachweis und Minimierung von Reaktionsprodukten von Chlor mit Wasserinhaltsstoffen.

Im Zusammenhang mit dem Einsatz von Chlor wurde in der Vergangenheit auch darauf hingewiesen, dass die Aufbereitung des Wassers und die Beckendurchströmung optimiert wurden. Für Betrieb und Überwachung wird jetzt aber oft nur die Desinfektion als entscheidender Faktor zur Sicherung einer hygienisch-mikrobiologisch einwandfreien Schwimmbadwasserbeschaffenheit herausgestrichen. Der Chlorgehalt im Wasser lässt sich im Vergleich zu einer effizienten Aufbereitung und einer guten Durchströmung auch leicht bestimmen. Die Chlamydien, Erreger der Schwimmbadkonjunktivitis, die seinerzeit zu der Forderung nach Desinfektion des Schwimmbadwassers mit Chlor geführt haben, können nicht mit dem Schwimmbadwasser, sondern nur mit Körpersekreten bei engem direktem Kontakt übertragen werden.

Aufnahme von Krankheitserregern mit dem Wasser beim Baden

Krankheitserreger, die von einem Badenden an das Wasser abgegeben und von anderen Badenden aufgenommen werden und zu einer Erkrankung führen, müssen an eine für den jeweiligen Krankheitserreger bestimmte Körperregion transportiert werden, um eine Infektion auszulösen. Die fäkal-oral übertragbaren Krankheitserreger müssen mit dem Wasser aufgenommen und verschluckt werden. Zu Erkrankungen kommt es nach einer Vermehrung dieser Erreger im Magen-Darm-Trakt. Bei den viralen Erregern dieser Gruppe reicht ggf. bereits ein Kontakt mit der Schleimhaut des Nasen-Rachen-Raums. Mit Ausnahme des Erregers des Morbus Weil genügt der Kontakt mit der Haut nicht aus, um eine Erkrankung auszulösen.

Bei den Erregern aus dem Nasen-Rachen-Raum führt der Kontakt von kontaminiertem Wasser mit der Schleimhaut des

Nasen-Rachen-Raums oder der Augen zu einer Infektion. Die Erreger von Wundinfektionen wie *Staphylococcus aureus* oder Streptokokken können zu Infektionen im Nasen-Rachen-Raum oder nach Kontakt mit offenen Wunden, z. B. nach Verletzungen, eitrige Entzündungen hervorrufen. *Pseudomonas aeruginosa* kann gleichfalls zu eitrigen Hautentzündungen führen, in der Regel jedoch nur bei Verletzungen der Haut und bei Personen mit Vorerkrankungen, wie allgemeiner oder lokaler Abwehrschwäche. Bei Kindern kann *Pseudomonas aeruginosa* zu Ohrentzündungen führen. Auf Grund des geringen Penetrationsvermögens von *Pseudomonas aeruginosa* ist eine Vorschädigung z. B. durch Erweichen der Haut nach langem Kontakt mit dem Wasser erforderlich. Bei Kindern ist es daher wichtig, dass die Ohren nach dem Baden sorgfältig getrocknet werden. Zu Lungenentzündungen durch Legionellen kann es kommen, wenn die Erreger mit der Luft eingeat-

met werden und sich im Lungenepithel ansiedeln. Dazu müssen sie mit kleinsten Tröpfchen in der Luft aufgenommen werden. Kleine lungengängige Wassertröpfchen entstehen speziell bei Wasserattraktionen, bei denen das Wasser versprüht oder verspritzt wird, können aber auch beim Planschen und Schwimmen gebildet werden.

Das größte Risiko für einen Badenden, sich mit Krankheitserregern zu infizieren, die von einem anderen Badenden an das Wasser abgegeben wurden, entsteht, wie dargestellt, durch Verschlucken von Schwimmbadwasser oder dem Kontakt des Schwimmbadwassers mit der Schleimhaut des Nasen-Rachen-Raums. Die Krankheitserreger werden somit im Wesentlichen über Mund und Nase aufgenommen. Nase und Mund befinden sich beim Baden an der Wasseroberfläche, in dem Bereich mit der höchsten Belastung an Krankheitserregern im Bad überhaupt.

Anzeige



GRANUDOS: Dosierung von Calciumhypochlorit

GRANUDOS-Plus-Förderanlage

Anlage zur Verteilung der vom **GRANUDOS Plus** produzierten pH neutralen Chlorlösung auf die einzelnen Beckenkreisläufe.

Die vom **GRANUDOS Plus** erzeugte Chlorlösung (max. 4 g Chlor/l) wird auf den Pufferbehälter gebracht.

Die Magnetkreispumpe (PVDF) erzeugt über das Druckhalteventil einen gleichmäßigen Vordruck für die Dosierlinien, sodass beim Öffnen eines Steuerventils immer dieselbe Durchflussleistung realisiert wird, unabhängig davon, wie viele Dosierlinien geöffnet sind.



WDT-Werner Dosiertechnik GmbH & Co. KG
 Hettlinger Straße 17
 86637 Wertingen-Geratschhofen
 Tel. + 49 (0) 82 72/9 86 97-0
 Fax + 49 (0) 82 72/9 86 97-19
 info@werner-dosiertechnik.de
 www.werner-dosiertechnik.de



WDT - The better solution.

■ Calcium-Hypochlorit-Dosierung
GRANUDOS/HYPOTAB

■ Pulver-Aktivkohle-Dosierung
PAKDOS

■ Flüssig-Dosierung
UNODOS/FLOCDOS

■ Duftdosierung & Wellness
DUFTDOS/ Shower-TEC

■ Mess- und Regeltechnik
TOP-CONTROL/ POOLKLAR

www.werner-dosiertechnik.de

Beim Tauchen ist das Risiko für eine Infektion demgegenüber deutlich geringer. Die Kontamination des Wassers ist in tieferen Wasserschichten deutlich kleiner, und der Taucher hält Mund und Nase geschlossen. Die Zeit zwischen der Abgabe von Krankheitserregern durch einen Badenden und der Aufnahme durch einen anderen Badenden ist auf Grund der räumlichen Nähe speziell an der Wasseroberfläche ggf. extrem kurz. Eine ausreichende Desinfektionswirkung ist unter diesen Umständen kaum zu erwarten und wurde bislang, soweit aus der Literatur ersichtlich, weder durch Labor- noch durch Praxisuntersuchungen nachgewiesen.

Bietet die Desinfektion des Schwimmbadwassers mit Chlor die erwartete Sicherheit?

Chlor wird seit bald 100 Jahren zur Desinfektion des Schwimmbadwassers eingesetzt. Ziel der Desinfektion soll es sein, die von den Badenden mit dem Stuhl, Speichel oder Sekreten aus dem Nasen-Rachen-Raum und eitrigen Wunden abgegebenen Krankheitserreger in kurzer Zeit abzutöten, um eine Übertragung auf andere Badende zu verhindern. Der Einsatz von Chlor im Schwimmbadwasser hat sich in den Anfängen, wie auch die Desinfektion des Wassers im Hallenbad von Breslau 1916 belegt, aus den Überlegungen für die Trinkwasserdesinfektion mit Chlor abgeleitet. Die Zuverlässigkeit des Chors zur Schwimmbadwasserdesinfektion wurde nicht nachgewiesen.

Chlor soll gleichermaßen für die Trinkwasser- wie auch für die Schwimmbadwasserdesinfektion geeignet sein, obwohl die Gegebenheiten nicht übereinstimmen. Bereits bei der Einführung der Desinfektion des Trinkwassers mit Chlor gab es Bedenken, die gleichermaßen auch für die Schwimmbadwasserdesinfektion gelten. So weist Gärtner 1915 darauf hin, dass es für die Versorgung mit einem hygienisch-mikrobiologisch einwandfreien Trinkwasser darauf ankommt, dass die „Klümpchen“, gemeint sind die

menschlichen Ausscheidungen, mittels Filtration aus dem Wasser entfernt werden müssen, weil es nämlich mit einer Desinfektion nicht möglich ist, die in den „Klümpchen“ befindlichen Krankheitserreger abzutöten.

Im Sinne von Gärtner wird die Leistungsfähigkeit der Desinfektion nochmals in der DIN 2000 „Leitsätze für die zentrale Trinkwasserversorgung“ von 1959 wie folgt beschrieben:⁴⁾

Zweck der Entkeimung (Desinfektion) ist die zusätzliche Sicherung gegen die Übertragung von Infektionskrankheiten durch das Trinkwasser. ... Die Entkeimung des Trinkwassers darf nie den Zweck haben, ein seiner Herkunft nach offensichtlich mit Erregern von Infektionskrankheiten belastetes Wasser für den menschlichen Genuß geeignet zu machen.“

Sowohl bei der Einführung der Trinkwasser- als auch der Schwimmbadwasserdesinfektion war der Kostenfaktor ein wichtiges Argument für den Einsatz von Chlor. Häufig wird, wenn sich eine kostengünstige Lösung anbietet, nicht geprüft, ob es sich dabei auch um ein zielführendes Verfahren handelt. Ein wichtiger und immer wieder bestätigter positiver Effekt der Chlordesinfektion war, dass das Wasser lange klar bleibt und nicht mehr täglich bzw. ein- oder zweimal pro Woche, sondern nur noch in mehrwöchigen Abständen gewechselt werden muss. Die Wirkung von Desinfektionsmitteln wird in Laboruntersuchungen unter Standardbedingungen nachgewiesen, die aber nicht die Verhältnisse in der Praxis widerspiegeln. Vom Menschen werden die Krankheitserreger in Klumpen abgegeben, und sie sind von Substanzen umgeben, durch die sie gegen die Einwirkung von Desinfektionsmitteln gut geschützt sind.

Untersuchungen zur Effektivität von Chlor gegen Krankheitserreger, wie sie von einem Badenden ins Schwimmbadwasser abgegeben werden und von einem anderen Badenden aufgenommen werden, liegen in der verfügbaren Lite-

ratur nicht vor. Die Chordesinfektion erscheint noch weniger überzeugend, wenn die Notwendigkeit damit begründet wird, dass die Chlamydien, die Erreger der Schwimmbadkonjunktivitis, abgetötet werden sollen, und das, obwohl sie, wie jetzt bekannt ist, nicht mit dem Schwimmbadwasser übertragen werden.

Bei der Schwimmbadwasserdesinfektion wird das Desinfektionsmittel nicht an der Wasseroberfläche, an der Stelle mit dem höchsten Bedarf eingesetzt, sondern es wird mit dem aufbereiteten Wasser am Boden oder in der Mitte der Beckenwände eingespeist. Auf dem Weg aus den tieferen Schichten des Bades bis an die Wasseroberfläche findet eine Chlorzehrung statt, und damit verringert sich auch die Desinfektionsleistung. An der Stelle im Bad, an der die Desinfektion am notwendigsten ist, ist die Desinfektionswirkung bereits reduziert.¹⁵⁾ Die Wasserbeschaffenheit muss zu Zeiten einer hohen Auslastung an der Wasseroberfläche, im Bereich der höchsten mikrobiologischen Kontamination, kontrolliert werden.

So lange nur Geruchsbeeinträchtigungen^{16, 17, 28, 31, 34, 59)} als störende Nebenwirkungen beim Einsatz von Chlor auftreten, erscheint es vertretbar, das Schwimmbadwasser mit Chlor zu desinfizieren, auch wenn die Wirkung nicht zuverlässig nachgewiesen ist. Treten aber Reaktionsprodukte auf, die evtl. gesundheitlich bedenklich sind,^{9, 16)} erscheint es notwendig, dass der positive Effekt der Desinfektion des Schwimmbadwassers mit Chlor belegbar nachgewiesen und nicht nur vermutet wird. Lässt sich einerseits nicht einmal die mikrobiologisch einwandfreie Beschaffenheit des Schwimmbadwassers gewährleisten, wenn die vorgeschriebene Chlorkonzentration im Schwimmbadwasser eingehalten wird, wie die Erhebungen von Lothar Erdinger und Martin Förch¹⁸⁾ zeigen, muss die tatsächliche Effektivität der Desinfektion des Schwimmbadwassers mit Chlor unter praxisnahen Bedingungen überprüft werden.

Zeigen sich andererseits bei der Erhebung einwandfreie hygienisch-mikrobiologische Befunde bei Bädern, bei denen der Chlorgehalt im Wasser nicht den Vorgaben entspricht, sollte geprüft werden, ob nicht andere Faktoren als die Desinfektionsmittelzugabe einen wesentlichen positiven Einfluss auf die mikrobiologische Beschaffenheit des Wassers haben. Eine effektive Aufbereitung und eine optimale Wasserführung, verbunden mit einem raschen Austausch des Wassers von der Oberfläche, dem Wasser mit der höchsten mikrobiologischen Belastung, können ggf. mehr zur Verringerung eines Infektionsrisikos beitragen als eine Chlordesinfektion.

Literatur

- 1) Amis, C. R.: Surface film on swimming pools. *Canad. J. publ. Health.* 47 (1956), S. 93.
- 2) Anonym: Die Behandlung des Schwimmbadwassers mit Chloraugabe. *Das Bad, Organ f. d. Badewesen.* 12 (1917) (3), S. 24 - 26.
- 3) Anonym: Die Augenentzündungen in Berliner Schwimmbädern. *Gesundheits-Ingenieur.* 48 (1925), S. 363 f.
- 4) Anonym: DIN 2000, Leitsätze für die zentrale Trinkwasserversorgung. 1959, Deutscher Normenausschuß.
- 5) Anonym: DIN 19 643, Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser. 1984.
- 6) Anonym: DIN 19 643-1, Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. 1997.
- 7) Anonym: Richtlinien für den Bäderbau. Koordinierungskreis Bäder (Deutsche Gesellschaft für das Badewesen, Deutscher Schwimm-Verband und Deutscher Sportbund), Editors. 4. Aufl. 2002.
- 8) Anonym: Hygieneanforderungen an Bäder und deren Überwachung. Empfehlung des Umweltbundesamtes. *Bundesgesundheitsbl.* 49 (2006), S. 926 - 937.
- 9) Anonym: Babyschwimmen und Desinfektionsnebenprodukte in Schwimmbädern. *Bundesgesundheitsbl.* 54 (2011), S. 142 - 144.
- 10) Baginsky, A.: Über die Bassinbäder Berlins. *Hygienische Rundschau.* 1896, S. 597- 620.
- 11) Beger, H.: Zur Frage der Übertragung von Krankheiten durch Hallenschwimmbadwasser. *Kl. Mitt. d. Pr. Landesanstalt f. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene.* 11 (1935), S. 1 - 26.
- 12) Benenson, A. S.: *Control of Communicable Diseases in Man.* 16 ed. (1995), The American Public Health Association; Washington.
- 13) Bürger, B.: Über Filtration, Chlorung und Wiederverwendung des Wassers von Schwimmbädern. *Dtsch. Ges. f. Volksbäder.* 7 (1922) (1), S. 12 - 18.
- 14) Carlson, S.: Zur Hygiene der Freibadgewässer und öffentlichen Schwimmbäder. *Bundesgesundheitsbl.* 1966, S. 169 - 173.
- 15) Carlson, S., Hässelbarth, U., und Mecke, P.: Die Erfassung der desinfizierenden Wirkung gechlorter Schwimmbadwässer durch Bestimmung des Redoxpotentials. *Archiv f. Hygiene und Bakteriologie.* 152 (1968), S. 306 - 320.
- 16) Eichelsdorfer, D., Slovak, S., Dirnagl, D., und Schmid, K.: Zur Reizwirkung (Konjunktivitis) von Chlor und Chloramin im Schwimmbadwasser. *Vom Wasser.* 45 (1975), S. 17 - 28.
- 17) Elkeles, G.: Die Bedeutung der gleichmäßigen Verteilung des Chlors im Bassinwasser der Badeanstalten. *Gesundheits-Ingenieur.* 49 (1926) (11), S. 151 f.
- 18) Erdinger, L., und Förch, M.: Analyse und Bewertung von Schwimm- und Badebeckenwasser. *AB Archiv des Badewesens.* 61 (2008), S. 143 - 151.
- 19) Exner, M.: Beiträge zum Stand der Kenntnisse der Risiken in öffentlichen Badeanstalten aus hygienischer Sicht. *AB Archiv des Badewesens.* 31 (1978), S. 183 - 219.
- 20) Exner, M., und Thofern, E.: Die Entwicklung der bakteriologischen Badewasserbeurteilung. *Bundesgesundheitsbl.* 24 (1981), S. 225 - 233.
- 21) Fehr: Endemische Bad-Conjunktivitis. *Berl. klin. Wochenschr.* 37 (1900), S. 10 f.
- 22) Gansloser, G., Hässelbarth, U., und Roeske, W.: Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser. Kommentar zur DIN 19 643. 1999, Beuth Verlag, Berlin.
- 23) Gärtner, A.: Die Hygiene des Wassers. *Gesundheitliche Bewertung, Schutz, Verbesserung und Untersuchung der Wässer.* 1915, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Braunschweig.
- 24) Gersbach, A.: Über die Prüfung der Chlorierungsanlage des Frankfurter Hallenschwimmbades. *Gesundheits-Ingenieur.* 47 (1924), S. 57 - 59.
- 25) Grün, L.: Hygienische Kontrollen von Hallenbädern. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B.* 172 (1980), S. 227 - 236.
- 26) Haak, K., und Heger, H.: Die hygienische Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Sommerbädern. *Zeitschrift f. Hygiene.* 140 (1954), S. 294 - 323.
- 27) Hässelbarth, U.: Wasserhygiene in Schwimmbecken. Aufbereitung, Desinfektion und Überwachung. *Bundesgesundheitsbl.* 8 (1965), S. 353 - 357.
- 28) Hässelbarth, U.: Badewasser und Schwimmbadhygiene. *Öff. Gesundh.-Wes.* 42 (1980), S. 427 - 434.
- 29) Hässelbarth, U.: Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser. *AB Archiv des Badewesens.* 37 (1984) (7), S. 253 - 256.
- 30) Heinrich, S., und Gröschel, D.: Zur Frage der Bildung eines Oberflächenfilms auf dem Wasser von

- Schwimmbädern. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. 191 (1963), S. 362.
- 31) Herschman, W.: Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser in der Praxis. AB Archiv des Badewesens. 38 (1985), S. 75 - 77.
 - 32) Herschman, W.: 75 Jahre Verfahrenstechnik der Schwimmbadwasseraufbereitung. Gesundheits-Ingenieur. 108 (1987), S. 17 - 22 und 77 - 98.
 - 33) Hettche, O.: Badewasserhygiene unter Verwendung von Chlor. AB Archiv des Badewesens. 6 (1953), S. 206 - 209.
 - 34) Hopf, W.: Ideales Schwimmbeckenwasser / Theorie und Praxis. AB Archiv des Badewesens. 7 (1954), S. 21- 28 und 41 - 49.
 - 35) Hösel, G., und Langer, W.: Entwicklung und neue Erkenntnisse der Hygiene auf dem Gebiet des Baues von Beckenbädern. AB Archiv des Badewesens. 15 (1962), S. 10 - 12 und 113 - 122.
 - 36) Huntemüller, O., und Paderstein, R.: Chlamydozoen-Befunde bei Schwimmbadkonjunktivitis. Deutsche med. Wochenschr. 39 (1913), S. 63 - 66.
 - 37) Imhoff, K., und Saville, C.: Die Desinfektion von Trinkwasser mit Chlorkalk in Nordamerika. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. 53 (1910), S. 1119 - 1122.
 - 38) Kister und Fromme: Untersuchungen in den Hamburger Hallenbädern, insbesondere über die Wirkung der Lüftungs- und Reinigungsanlagen in der Badeanstalt. Gesundheits-Ingenieur. 33 (1910), S. 909 - 917.
 - 39) Klosterkötter, W.: Hygienische Probleme bei der Umwälzung des Badewassers in Schwimmbecken. AB Archiv des Badewesens. 17 (1964), S. 108 - 115.
 - 40) Legler, F.: Hygienische Probleme des Badewesens und des Campings. Öff. Gesundh.-Wes. 34 (1972), S. 317 - 337.
 - 41) Lehmann, H.: Ortshygiene. 1936, Carl Heymanns Verlag, Berlin.
 - 42) Müller, R.: Medizinische Mikrobiologie. 1946, Urban & Schwarzenberg, Berlin.
 - 43) Proskauer: Die angestrebte Wiederverwendung des gebrauchten Bassinwassers unter Berücksichtigung der bei Untersuchungen der Berliner Schwimmbäder gemachten Erfahrungen. Gesundheits-Ingenieur. 32 (1909), S. 761 - 765.
 - 44) Remy, E.: Zur Frage der hygienischen Beurteilung chlorierter Badewässer. Arch. Hyg. 115 (1936), S. 181 - 186.
 - 45) Reploh, H.: Hygiene des Badewesens. AB Archiv des Badewesens. 6 (1953), S. 203 - 206.
 - 46) Reploh, H., und Otte, H.-J.: Lehrbuch der Medizinischen Mikrobiologie. 1968, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
 - 47) Sacré, C.: Gesetzliche Hygiene-Anforderungen an Bädertechnik und Badbetrieb in Heilbädern. AB Archiv des Badewesens. 50 (1997), S. 111 - 114.
 - 48) Samtleben, C.: Deutsche Hallenschwimmbäder. 1936, Verlag Ernst Jantze, Berlin.
 - 49) Schilling, F. H.: Die Badewasseraufbereitung der beiden Schwimmbassins im König-Albrecht-Bad der Stadt Plauen. Das Gas- und Wasserfach. 67 (1924) (52), S. 786 - 788.
 - 50) Schoenen, D.: Möglichkeiten und Grenzen der Trinkwasserdesinfektion unter besonderer Berücksichtigung der historischen Entwicklung. Gas- und Wasserfach gwf (Wasser/Abwasser). 138 (1997) (2), S. 61 - 74.
 - 51) Schoenen, D.: Role of Disinfection in Suppressing the Spread of Pathogens with Drinking Water. Possibilities and Limitations. J. Water Research. 36 (2002), S. 3874 - 3888.
 - 52) Schultz, P.: Eine hiesige Badeanstalt der Infektionsort verschiedener Trachomerkrankungen. Berliner klinische Wochenschrift 36 (1899), S. 865 f.
 - 53) Schultz, P.: Ein Beitrag zum Charakter, Verlauf und zur Behandlung der jüngsten Trachom-epidemie in Berlin. Berliner klinische Wochenschrift 37 (1900), S. 11.
 - 54) Seligmann, E.: Zur Hygiene der Hallenschwimmbäder. Zeitschrift f. Hygiene und Infektionskrankheiten. 98 (1922), S. 22 - 47.
 - 55) Stecker, R.: Hygienische Anforderungen an das Badewasser. AB Archiv des Badewesens. 19 (1966), S. 34 - 36.
 - 56) Stelter, K.: 50 Jahre Badewasserpflge und die dabei entwickelten Fortschritte in der Wasseraufbereitungstechnik. AB Archiv des Badewesens. 13 (1960), S. 6 - 12.
 - 57) Traube, M.: Einfaches Verfahren, Wasser in großen Mengen keimfrei zu machen. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten. 16 (1894), S. 149 f.
 - 58) Tuschewitzki, G. J.: Badewasserhygiene. In: Lehrbuch der Hygiene, Gundermann, K.-O., Rüden, H. G., und Sonntag, H. G., Editors. 1991, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
 - 59) Ulsamer, O.: Reinigung des Badewassers von Schwimmbeckenbädern. Gesundheits-Ingenieur. 26 (1936), S. 402 - 406.
 - 60) Wagenknecht, R.: Erfahrungen mit der Chlorung in Breslau (Diskussionsbeitrag). Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Volksbäder. 7 (1922) (1), S. 26 f.
 - 61) Walter, R.: Badewasser. In: Umweltvirologie, Water, R., Editor. 2000, Springer Verlag, Wien; S. 85 - 118.
 - 62) Weber, A.: Über mögliche Infektionsgefahren beim Freizeitsport Baden und Schwimmen. Öff. Gesundh.-Wes. 49 (1987), S. 171 - 175.