



# Raumluft- und Wasserhygiene in Schwimmbädern

## Gesundheitsgefahren durch ausgasende Trichloramine und Chloroform in der Atemluft

Dipl.-Ing. Willibald Schodorf\*

Damit die Gesundheit der Badegäste nicht beeinträchtigt wird, müssen bei der Planung, dem Bau und Betrieb von Hallenschwimmbädern eine ganze Reihe von technischen Regeln und Hygieneanforderungen zur Sicherung der Wasserqualität eingehalten werden. Allerdings findet die Luftqualität knapp über der Wasseroberfläche oder in den umliegenden Räumen derzeit noch nicht die ihr gebührende Aufmerksamkeit. So stehen die aus dem Beckenwasser ausgasenden Chloramine und Chloroforme im Verdacht, lungenschädigend zu sein. Die Minimal-Wasseraufbereitung „Flockung-Filterung-Chlorung“ ist in stark frequentierten Schwimmhallen oftmals nicht ausreichend, um eine für die Gesundheit der Badegäste zuträgliche Raumluftqualität zu gewährleisten.

**B**aden – Schwimmen – Wellness: Viele Menschen genießen die vielfältigen Angebote in Hotels und Erlebnisbädern. Die Erwartungshaltung der Besucher an die Ausstattung der Schwimmbäder ist groß. Das einfache Schwimmbecken reicht schon längst nicht mehr aus. Wasserattraktionen wie Gegenstromschwimmanlagen, Wassersprudel u. Ä. zählen heute praktisch zum Standard.

Natürlich wollen es die Menschen dabei angenehm

warm haben. Und das begründet eine der wesentlichen Aufgabenstellungen des Fachplaners: Bei den Wassertemperaturen, die wir als angenehm empfinden, vermehren sich Mikroorganismen wie Bakterien, Pilze und Viren. Zur Bekämpfung von potenziell krankheitsregenden Mikroorganismen wird das Badewasser mithilfe von Filtern und chemischen bzw. physikalischen Verfahren gereinigt und desinfiziert.

### Mindestgehalt an Chlor ist unabdingbar

Ein Mindestchlorgehalt nach der Desinfektion des Schwimmbeckenwassers ist

aufgrund der von den Badegästen neu eingebrachten Mikroorganismen notwendig. Dabei hat das Chlor die Aufgabe, die Mikroorganismen rasch abzutöten und auf diese Weise eine „Keimübertragung“ zu vermeiden. Aufgrund der hohen Reaktionsfähigkeit des Chlors kommt es neben der gewünschten Desinfektion auch zu Reaktionen mit organischen Stoffen. Denn jeder Badegast bringt neben Mikroorganismen auch Hautreste, Haare, Schweiß, Urin, Creme- und Parfümbestandteile mit ins Wasser. Diese Reaktionsprodukte werden in der Fachsprache als Desinfektionsneben-

■ Insbesondere in stark frequentierten Freizeitbädern kann die Hallenluft durch ausgasendes Chloroform belastet sein.

produkte (DNP) bezeichnet und können gesundheitsschädigend sein. Zu nennen wäre vor allem die Bildung von Chloraminen und Chloroform.

Dabei handelt es sich durchaus nicht um ein abstraktes Thema, das nur unter Insidern diskutiert wird. So sorgte ein Zeitungsbericht über die Lungentoxizität der „Chlorgase“ in belgischen Schwimmbädern für Aufruhr in der Öffentlichkeit. Die im Bildtext unter einem Babyfoto gemachte Äußerung „Das in Hallenschwimmbädern eingeatmete Trichloramin verursacht schwerwiegende Lungenschäden bei Kindern“ führte dazu, dass das belgische Umweltministerium eine Empfehlung herausgab: Kinder unter 6 Jahren sollten zunächst auf Schwimmbadbesuche verzichten, bis Höchstwerte festgelegt und die Entlüftung in den Bädern verbessert sei.

In Deutschland sind zu dieser Thematik 2006 zwei Empfehlungen des Umweltbundes-

\*) Dipl.-Ing. Willibald Schodorf, BWT-Wassertechnik GmbH, Schriesheim

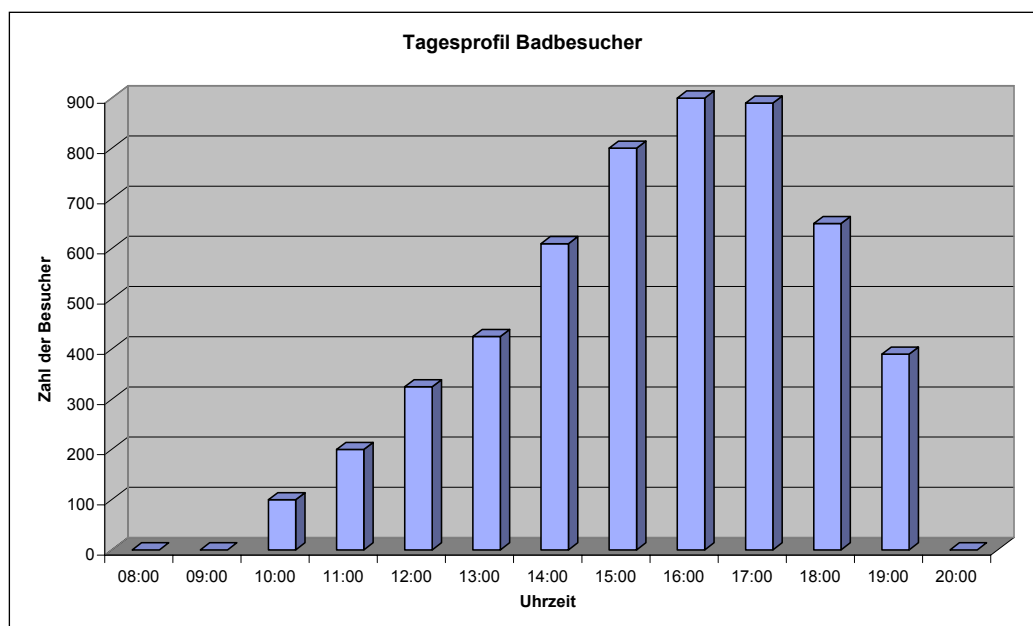
amtes neu erschienen. Zum einen die „Hygieneanforderungen an Bäder und deren Überwachung“ [1], zum anderen die Empfehlung zur „Lüftung von Hallenbädern“ [2]. Dort wird empfohlen, zur Minderung der Schadstoffkonzentration während des Badebetriebes den Außenluftanteil  $\geq 30\%$  des Zuluftmassenstroms einzuhalten. Offenbar ist auch in deutschen Schwimmbädern einiges in der „Luft“!

### Organische Wasserinhaltsstoffe Im Blickpunkt

Eine nähere Betrachtung der organischen Wasserinhaltsstoffe führt zu einem besseren Verständnis des Themas. So besitzt Trichloramin einen intensiven, stechenden, chlorähnlichen Geruch – eben den typischen „Hallenbadgeruch“. Die Geruchs- und Geschmacksschwelle für freies Chlor liegt bei 20 mg/l, für Trichloramin bei 0,02 mg/l – somit steht fest: Wir riechen Trichloramin. Es reizt die Augen und Schleimhäute, und es steht im Verdacht, bei Kindern, Rettungsschwimmern und Bademeistern das Asthma-Risiko zu erhöhen.

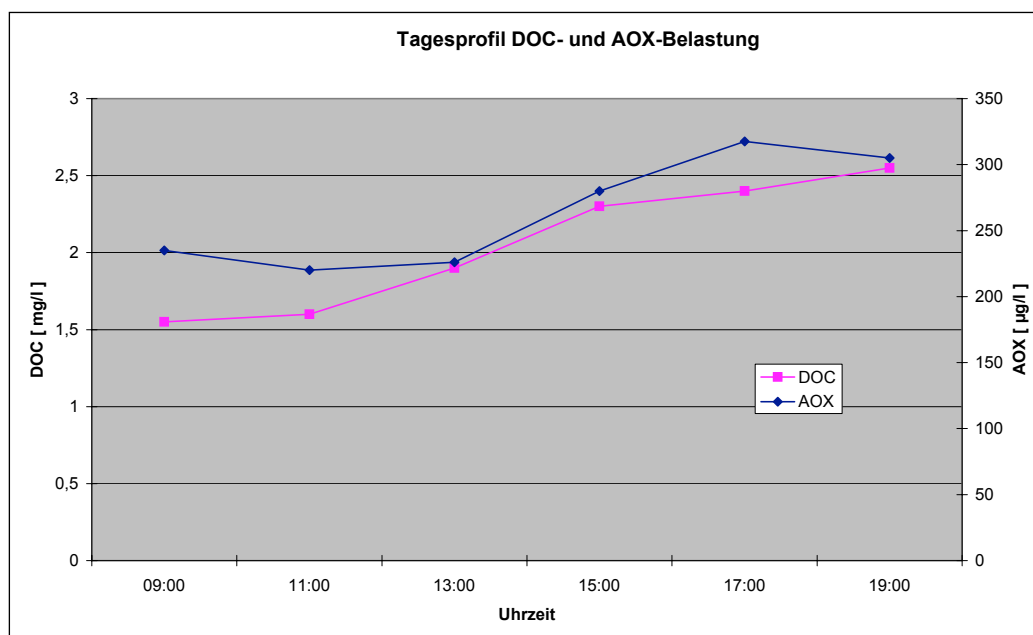
Zurzeit existiert nur für das gebundene Chlor ein Parameterhöchstwert für Trichloramine. Neuere Untersuchungen belegen aber, dass ein DIN-konformer Gehalt an gebundenem Chlor nicht automatisch zu einem gesundheitlich unbedenklichen Trichloramingehalt in der Luft führt. So wurde nachgewiesen, dass es keine Korrelation zwischen den beiden Werten gibt.

Für die Bildung von Chloraminen ist primär der Eintrag von Harnstoff in das Beckenwasser verantwortlich. Harnstoff stellt das Hauptendprodukt im Eiweißstoff-



■ Mit steigenden Besucherzahlen im Tagesverlauf, steigt auch der Trichloramin-Gehalt in der Hallenluft. Messergebnisse ohne Bezugswerte wie der Betriebszeit oder der Frequentierung sind daher wenig aussagekräftig.

Bild: BWT-Wassertechnik GmbH



■ Schadstoffbelastung der Hallenluft im Tagesverlauf.

Bild: BWT-Wassertechnik GmbH

wechsel des Menschen dar und wird zu ca. 90% über die Nieren (Urin), der Rest mit Schweiß- und Darmsekreten ausgeschieden. Der durchschnittliche Harnstoffgehalt von Schweiß liegt bei 1,5 g/l, bei Urin sogar bei 21,9 g/l.

Ferner bildet sich Harnstoff beim Verhornungsprozess der Haut. Dieser Harnstoff ist eine wichtige Feuchthaltesubstanz der Haut und

wird beim Schwimmen und Baden nahezu vollständig herausgewaschen.

Gesunde Haut enthält pro cm<sup>2</sup> Hautoberfläche ca. 8 µg Harnstoff. Bei einer Hautoberfläche von 1,5 bis 2 m<sup>2</sup> ergibt das pro Badegast einen Eintrag von 0,12 bis 0,16 g Harnstoff. Bekannt ist, dass eine gründliche Körperreinigung durch Waschen und Duschen vor der Badbenutzung ca. 75

bis 97% des Harnstoffes aus der Hornschicht der Haut entfernen könnte. Doch sind die Hygienemuffel in den Freizeitbädern deutlich in der Überzahl: Nach Recherchen des Bayerischen Rundfunks geht nur etwa jeder zehnte Badegast vor dem Schwimmen unter die Dusche.



Der Harnstoffeintrag pro Badegast		
Haut:	Abhängig vom „Duschverhalten“	Ca. 0,02 - 0,16 g
Schweiß:	Abhängig von Wassertemperatur, Luftfeuchtigkeit, körperlicher Konstitution und Betätigung des Badegastes, z. B. aktiver Schwimmer in 1 h bis zu 1 l Schweiß	Ca. 0,3 - 1,5 g
Urinabgabe:	Die niedrigsten Durchschnittswerte findet man in der Veröffentlichung von Gunkel/Jessen mit ca. 35 ml	Ca. 0,8 g
Summe:		1,12 - 2,46 g

Die in der DIN-Norm getroffenen Annahmen, nach denen jeder Badegast durchschnittlich etwa 1 bis 1,5 g organische Substanzen (materials of human origin, MHO) an das Wasser abgibt, sind daher für Attraktions- und Sportstättenbäder neu zu bewerten.

### Überwachung der Wasser- und der Luftparameter sinnvoll

Wasserattraktionen wie z. B. Wasserrutschen, Wasserspeier, Schwallbrausen und Wasserpilze begünstigen das Ausgasen. Wird berücksichtigt, dass die Aufnahmefähigkeit von Trichloramin in der Luft 435-mal größer ist als im Beckenwasser, so lässt sich nachvollziehen, warum eine Überwachung der Luftqualität neben der des Wassers notwendig werden kann. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat einen in Frankreich gesundheitlich begründeten Richtwert von  $\leq 0,5 \text{ mg/m}^3$  Trichloramin in der Luft als Grundlage für eine Bewertung von Messergebnissen mitgetragen.

Schwankungsbreiten in den ermittelten Messreihen von verschiedenen Hallen-, Erlebnis- und Therapiebädern von 0,05 bis 18,8  $\text{mg/m}^3$  Trichloramin zeigen, dass es viele Zusammenhänge zwischen der Raumluftqualität, der Belüftung sowie der Beckenwasseraufbereitung und der Besucherfrequenz gibt.

Legt man wie in den Bildern 2 und 3 ein Tagesprofil für Badbesucher an, so ist

leicht nachvollziehbar, dass der Gehalt an Trichloraminen in der Hallenluft um 11 Uhr wesentlich niedriger ist als um 18 Uhr. Messergebnisse ohne eindeutige Bezugswerte wie beispielsweise

- nach 10h Betriebszeit,
- bei einer Frequentierung von 1000 Badegästen,
- bei einem Außenluftanteil von 30% oder
- bei Zusatz von 30l Frischwasser je Besucher,

sind deshalb wenig aussagekräftig.

### Minimierungsgebot bedenklicher Substanzen

In Deutschland und in der EU gelten Minimierungsgebote für gesundheitlich bedenklichen Substanzen. Was bedeutet das im Hinblick auf die Reduzierung von Harnstoff im Beckenwasser? Einen Beitrag dazu können zunächst die Badegäste selbst leisten – durch Benutzung der Toilette und gründliches Du-

schen und Waschen vor Benutzung des Beckens.

Weiterhin müssen Betreiber für die Reduzierung des Harnstoffgehaltes durch eine geeignete Wasseraufbereitung sowie durch Verdünnung (mehr Frischwasser pro Badegast) und durch eine effiziente Belüftung sorgen.

Damit dies getan wird, sind Kontrollen notwendig. Nachdem es in Deutschland keinen Richtwert für die Raumluftqualität gibt, wird auch noch nicht gemessen. Insofern gibt es für den Benutzer nur die Möglichkeit, sich auf seine Sinnesorgane zu verlassen. Hallenbäder mit starkem „Chlorgeruch“ und ersichtlicher und spürbarer Reizung der Augen legen offensichtlich keinen hohen Stellenwert auf gute Raumluftqualität.

### Chloroform in der Hallenluft

Neben den beschriebenen Trichloraminen ist zurzeit aus der Gruppe der Desinfektionsnebenprodukte vor allem noch das Chloroform in der

Hallenluft in der Diskussion. So berichtete die Greenpeace-Studie „Chlor macht krank“ darüber, dass im Blut von Vielschwimmern Chloroform in erhöhter Konzentration nachgewiesen wurde [4]. Die Trihalogenmethane (z.B. Chloroform) stellen demnach zumindest für Vielschwimmer, Bademeister u. a. Personen mit erhöhter Exposition ein größeres Gesundheitsrisiko dar.

Mittlerweile sind nahezu alle Landesgesundheitsämter dabei, dies messtechnisch zu überprüfen. Es gibt eine umfangreiche Literatur über den Gehalt an Trihalogenmethanen (THM) im Badewasser, in der Luft (Gehalt bei 0,2m Höhe über dem Wasserspiegel und bei 1,5m Höhe über dem Wasserspiegel) oder im Blut. Auch liegen interessante Erkenntnisse darüber vor, dass die Belastung der Luft nicht nur direkt über dem Beckenwasser vorgefunden wird, sondern selbst im Eintrittsbereich bzw. in Technikräumen, in denen ca. 50% des Chloroformgehalts des Beckenbereichs festgestellt wurden.

Problematisch an Chloroform ist nicht, dass man es in kleinen Mengen über die Haut aufnimmt oder versehentlich verschluckt, sondern dass es an der Wasseroberfläche als Gas frei wird und dort verbleibt, weil es etwas schwerer als Luft ist, sodass es beim Schwimmen dann intensiv eingeatmet wird. Auch für THM gibt es anders als beim Beckenwasser für die Raumluft bislang keine Risikowerte. Für sie gilt ähnlich wie für Trichloramin – je mehr Besucher, desto größer ist die Menge dieser Chlorverbindungen. Messergebnisse sollten also nur unter klaren Bezugsgrößen angegeben werden.



■ Attraktionen wie Wasserpilze und -kanonen begünstigen das Ausgasen von Trichloraminen in die Hallenluft. Da sie schwerer als Luft sind, verbleiben sie oberhalb der Wasseroberfläche und werden beim Schwimmen eingeatmet.

Die Frage, ob ein uralter MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration), der eine maximale Konzentration von  $50\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  Chloroform in der Luft zulässt, als Richtwert für die Hallenbadluft herangezogen werden kann, um zu begründen, dass  $100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht schädlich sind, sollte nicht gestellt werden. Denn Chloroform steht im Verdacht, Krebs zu erregen. Die Auswirkungen geringer Mengen von Chloroform sind – insbesondere bei Kindern – derzeit nicht einzuschätzen.

### Flockung - Filterung - Chlorung nicht ausreichend

Die Investitionen für die Attraktionen und die Kosten der Instandhaltung in Schwimmhallen sind hoch. Mehr Außenluft, mehr Frischwasser oder eine hocheffiziente Badewasseraufbereitung tragen nicht unerheblich zu den Betriebskosten der Bäder bei und bleiben für den Badegast unsichtbar. Damit diese sichtbar werden, ist eine Kontrolle der Raumluftqualität notwendig. So könnten den Besuchern generell die durchschnittlichen Wasser- und Raumluftdaten angezeigt werden.

Für stark frequentierte Hallenbäder bzw. Betreiber mit hohen Anforderungen auch für die Hallenluft, ist die „Minimalbadewasseraufbereitung“ Flockung – Filterung – Chlorung meist nicht mehr ausreichend. Mikrobiologisch kann hier die Badewasserqualität sehr gut beherrscht werden, die Raumluftqualität leider nicht. Erst eine zusätzliche



■ Mithilfe der Ozontechnik können organische Bestandteile wie Harnstoff im Beckenwasser bis hin zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert werden, so dass insgesamt ein geringeres Bildungspotenzial an Chloroform und Trichloraminen erreicht wird. Bild: BWT-Wassertechnik GmbH

Aufbereitungsstufe, wie z. B. die Oxidation mit Ozon bzw. die Adsorption mit Aktivkohle, kann dort Abhilfe schaffen.

### Ozon als Problemlöser

Ozon ist eine Modifikation des Sauerstoff-Moleküls, welches aus drei nicht-linear angeordneten Sauerstoffatomen besteht und als sehr starkes Oxidationsmittel, das seit mehr als 100 Jahren zu Desinfektionszwecken in der Wasseraufbereitung eingesetzt wird, bekannt ist. Dabei greift es die Oberfläche der Mikroorganismen an und zerstört sie. Die entstehenden organischen Bestandteile können bis zu Kohlendioxid und Wasser weiter oxidiert werden. Ozon wird unter anderem durch stille elektrische Entladung nach dem Siemens-Verfahren oder durch katalytische Elektrolyse des gereinigten Wassers

hergestellt und verfügt über die schnellste Keimtötungsgeschwindigkeit aller Desinfektionsmittel (Tabelle 1).

### Vorteile der Ozontechnik:

- Mineralisiert den Harnstoff zu Kohlendioxid, Stickstoff und Wasser und eliminiert so den typischen Hallenbadgeruch.
- Oxidiert und flockuliert viele störende organische Substanzen, somit wird eine Reduktion des THM-Bildungspotenzials um 30 bis 40% möglich.
- Es werden bis zu 50% geringere Einsatzmengen von Chlor und Verdünnungswasser erreicht.
- Das Beckenwasser kann exakter mit niedrigeren Chlorgehalten bei erhöhter hygienischer Sicherheit beaufschlagt werden.
- Ozon reagiert rückstandslos zu Sauerstoff und belebt so das Schwimmbadwasser.

### Fazit

Die Raumluftqualität in Hallenbädern ist derzeit noch nicht normativ mit Risikowerten und klaren Vorgaben belegt. Einwandfreie hygienische Wasser- und Raumluftqualität erreichen Planer und Betreiber durch optimales Zusammenwirken einer auf die Problematik abgestimmten Badewasseraufbereitung sowie einer gut geregelten und überwachten Desinfektion. Darüber hinaus trägt eine optimierte Beckenhydraulik (Beckenwasservermischung) mit mindestens 30l Frischwasserzusatz pro Badegast und ein Außenluftanteil von mehr als 30% des Zuluft-Massenstroms während der Badebetriebszeiten zu einer verbesserten Raumlufthygiene bei. Die regelmäßige Kontrolle der Wasser- und Luftparameter sollte von den Betreibern offen gelegt werden. ■

### Literatur:

- [1] Empfehlung des Umweltbundesamtes: Hygieneanforderungen an Bädern und deren Überwachung. 2006.49:926-937.
- [2] Empfehlung des Umweltbundesamtes zur Lüftung von Hallenbädern. 2006.49:836.
- [3] Trichloramin in der Hallenbadluft. Dr. Ernst Stottmeister und Kerstin Voigt, Archiv des Badewesens 03/06.
- [4] Greenpeace Studie „Chlor macht krank“. Greenpeace e.V., Hamburg.

® Internetinformationen:  
[www.bwt.de](http://www.bwt.de)

■ Tabelle 1: Wirkung von Chlor und Ozon auf Mikroorganismen.

Keimbelastung	Desinfektionsmittel	Zusatz in mg/l	Letale Wirkung in Sekunden
60 000 Coliforme / ml	Chlor	0,1	15 000
	Ozon	0,1	5
250 Sporen von B.subtilis / ml	Chlor	1,4	9000
	Ozon	0,05	30
PM-Virus, Stämme MV- und L8-Virus Suspension 1:1000	Chlor	0,25 - 1,0	Inaktivierung in 180 min
	Ozon	0,05 - 0,46	Inaktivierung in 2 min

(Nach Bringmann und Kessel)