

## Asthma und Schwimmbäder

Regula Corbelli\*, Constance Barazzone Argiroffo, Genf  
Übersetzung: Rudolf Schlaepfer, La Chaux-de-Fonds

### Zusammenfassung

*Seit über 10 Jahren erscheinen Publikationen zum Thema Chloramin- und insbesondere Trichloraminexposition in Schwimmbädern bei Schwimmern allen Alters, vom Säugling bis zum Spitzensportler, sowie bei beruflich exponierten Personen. Dieser Artikel enthält eine Übersicht der heutigen Kenntnisse sowie eine Zusammenfassung der verfügbaren Literatur. Die meisten Studien wurden mittels Fragebogen zur Erfassung von Asthmasymptomen durchgeführt. In mehreren Studien wurden auch Spirometrien und Provokationsteste durchgeführt. Nur vereinzelte Studien haben die durch Chlor und dessen Derivate bedingten Blutwertveränderungen als Zeichen eines Lungenbefalles untersucht. Die Messtechniken und Trichloraminwerte sind von Studie zu Studie sehr unterschiedlich und schwer vergleichbar.*

*Wir kommen auch auf den sanitären Zustand der schweizer Schwimmbäder zu sprechen, dokumentiert in der von Jean Paratte durchgeführten Untersuchung. Wir bringen Vorschläge zur Verbesserung der Bedingungen in den schweizer Schwimmbädern sowohl für die Benutzer als auch für das dort arbeitende Personal.*

*Junges Alter (Babyschwimmern) und kumulierte Trichloraminexposition (Berufspersonen) scheinen die wichtigsten Risikofaktoren zu sein, Asthmasymptome zu provozieren.*

*Vieles ist jedoch in Bezug auf einen möglichen Kausalzusammenhang zwischen Trichloraminexposition und Asthma noch ungewiss. Weitere Studien sind notwendig, um ein klareres Bild zu erhalten.*

### Einführung

Chlor ist das am häufigsten verwendete Desinfektionsmittel von Schwimmbädern und sehr wirksam. Durch die Reaktion

von Chlor mit organischen, durch die Badenden ins Wasser gebrachte Substanzen, insbesondere Schweiß, Urin, Hautschuppen und Kosmetika, entstehen eine ganze Reihe von Verbindungen, unter anderem Chloramine (Abb.1).

Bei der Entstehung von Chloraminen unterscheidet man insbesondere:

Monochloramine ( $\text{NH}_3 + \text{HClO} \rightarrow \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ ), Dichloramine ( $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HClO} \rightarrow \text{NHCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) und Trichloramine ( $\text{NHCl}_2 + \text{HClO} \rightarrow \text{NCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ).

Am reichlichsten kommen **Trichloramine** vor, ihre Wasserlöslichkeit ist sehr schwach. Sie verflüchtigen sich rasch und finden sich in Gasform über den Wasserbecken.

### Chlor und seine Derivate in Schwimmbädern der Schweiz und in Nachbarländern

In der Folge von Studien aus Belgien und Deutschland, wurde im Auftrag des BAG (Bundesamt für Gesundheit) und der SUVA (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt) während der Wintermonate 2007–2008 in 30 gedeckten Schwimmbädern der Kantone Neuenburg, Freiburg und Jura eine Erhebung durchgeführt<sup>2)</sup>. Der **mittlere** Trichloraminwert in der Luft betrug  $0.114 \text{ mg/m}^3$  mit einem Vertrauensintervall von 95% bei  $0.071$  bis  $0.157 \text{ mg/m}^3$ .

Die Antworten auf die Fragebogen ergaben, dass Schwimmlehrer, Bademeister und Physiotherapeuten die am häufigsten von Augen-, Nasen- und Halsreizsymptomen in Zusammenhang mit Trichloramin, betroffenen Berufsgruppen waren, und zwar ab einer Konzentration von  $0.3 \text{ mg/m}^3$ . Die in der Schweiz gemessenen Konzentrationen waren deutlich tiefer als diejenigen von Schwimmbädern anderer Länder, z. B. Frankreich (Massin), Belgien (Bernard, Charpier), Deutschland (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen

\* Unité de Pneumologie pédiatrique, Hôpital des Enfants, Rue Willy-Donzé 6, 1211 Genève 14

Gesetzlichen Unfallversicherung BGIA) und USA (Chen).

### Funktionelle Untersuchungen und Blutmarker: Mass für die expositionsbedingte Lungenschädigung

Spirometrisch erhobene Lungenparameter sind beim Erwachsenen und beim Kind ab 5–6 Jahren möglich. Im Idealfall werden forcierte expiratorische Vitalkapazität (FVC), Einsekundenkapazität (FEV1) und das Verhältnis FEV1/FVC gemessen, in Ruhe, unmittelbar nach dem Schwimmen und nach einer Ruhepause. Ein Vergleich der spirometrischen Werte wird durch die sehr variablen Trichloraminluftwerte erschwert. Bei Kleinkindern sind funktionelle Untersuchungen schwer durchführbar, Blutmarker können sich dann als nützlich erweisen.

Im Blut können spezifische, aus der Lunge stammende Proteine nachgewiesen werden, wie das CC 16 (ein anti-oxydatives, 16 kDa-Protein aus den Clara-Zellen des Bronchialepithels) oder die aus den Alveolarzellen der Lunge stammenden SP-A und SP-B Surfactantproteine. Das Vorhandensein dieser Proteine im Blut widerspiegelt eine erhöhte Lungenpermeabilität bei akuten oder chronischen Lungenerkrankungen<sup>3)</sup>.

Verschiedene Studien haben inzwischen einen Zusammenhang zwischen Trichloramin in der Luft von Schwimmbädern und erhöhter Epithelpermeabilität dokumentiert<sup>4), 5)</sup>.

Chronische Trichloraminexposition (insbesondere in gedeckten Schwimmbädern) kann die Clara-Zellen schädigen<sup>6)</sup> und Kinder zu Luftwegsinfekten und Asthma prädisponieren<sup>7), 8)</sup>.

In einer kürzlich durchgeführten Studie konnte bei 11 Freiwilligen, die ca. 8 Std/Woche verschiedene Sportarten und ca. 1 Std/Woche Schwimmsport in Schwimmbädern mit Trichloraminluftwerten unter  $0.3 \text{ mg/m}^3$  betrieben, kein signifikanter Unterschied bezüglich funktioneller Lungenwerte oder Blutmarker gefunden werden<sup>9)</sup>. Dies legt nahe, dass der Trichloraminluftwert ausreichend tief lag, was die sich in Vorbereitung befindenden Empfehlungen für einen Grenzwert von  $0.3 \text{ mg/m}^3$  stützt.

### Trichloraminexposition und wichtigste Risikogruppen

Wir besprechen im nachfolgenden die wichtigsten Gruppen von Personen, bei denen ein trichloraminbedingtes Asthmarisiko besteht:

1. Berufspersonen (Schwimmlehrer, Bademeister, Techniker, Putzleute)
2. Spitzensportler
3. Freizeitschwimmer und Babyschwimmer < 1 Jahr

### Berufliche Exposition

1998 wurde bei 334 Trichloramin ausgesetzten Bademeistern eine Studie mittels Fragebogen, Spirometrie und Metacholin-Provokationstest durchgeführt. Die Trichloraminexposition wurde für jeden Einzelnen durch Multiplizieren des mittleren Trichloraminwertes mit der Anzahl Arbeitsjahre errechnet. Die Resultate ergaben kein Risiko für eine dauerhafte bronchiale Hyperreaktivität, eine vorübergehende bronchiale Hyperreaktivität konnte aber nicht ausgeschlossen werden<sup>10)</sup>.

2007 wurden in Holland 624 in Schwimmbädern beruflich tätige Personen untersucht und mit der Allgemeinbevölkerung verglichen<sup>11)</sup>. Die Untersuchung fand mittels Fragebogen statt, der mittlere Trichloraminwert betrug  $0.56 \text{ mg/m}^3$ , der maximale  $1.34 \text{ mg/m}^3$ . Die Fragen betrafen Allgemeinsymptome der Atemwege sowie spezifische Asthmasymptome. Die Studie

ergab, dass die Häufigkeit der Atemwegssymptome vom kumulierten Trichloraminwert abhängig und signifikant höher war als in der Allgemeinbevölkerung. Asthma spezifische Symptome waren ebenfalls häufiger als in der Allgemeinbevölkerung.

In der von Jean Paratte in der Schweiz 2007/2008 durchgeführten Studie konnten die Resultate in Bezug auf ein möglicherweise erhöhtes Asthmarisiko nicht ausgewertet werden, da keine ärztliche Kontrolle stattfand.

Es gibt jedoch Literaturhinweise für ein erhöhtes Asthmarisiko bei Berufspersonen, die der Luft von Schwimmbädern ausgesetzt sind (Schwimmlehrer oder Putzpersonal)<sup>12)</sup>, sei es, dass sich ein vorbestehendes Asthma verschlimmert oder dass ein Asthma ausgelöst wird.

### Spitzensportler

Studien bei Spitzensportlern sind selten und oft nicht gezielt auf die Trichloraminwirkung ausgerichtet. Asthma kommt bei wettkampfmässigen Schwimmern häufiger vor. Ein Freizeitschwimmer schwimmt wöchentlich 1–2 Stunden, ein Spitzensportler oft bis zu 20 Stunden wöchentlich, bei zudem starker respiratorischer Beanspruchung. Ein Kausalzusammenhang zwischen Expositionszeit und Asthma ist nicht klar ersichtlich, und könnte auch umgekehrt sein<sup>13)</sup>, da Schwimmen oft als idealer Sport für Asthmatiker empfohlen wird.

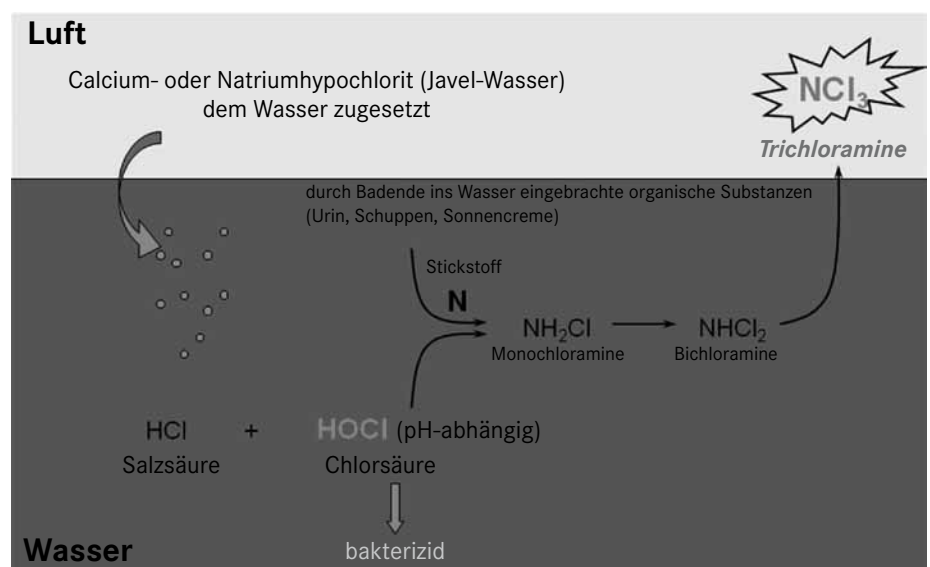


Abbildung 1: Angepasst nach<sup>1)</sup>

Kinder und Jugendliche sind in Studien ebenfalls schlecht vertreten. 2009 wurden 21 jugendliche Schwimmsportler<sup>14)</sup> im Anschluss an ein Training untersucht, mittels Messung von ausgeatmetem NO oder Zählung der Neutrophilen im provozierten Sputum, ohne dass funktionelle oder entzündungsbedingte Veränderungen der Luftwege, mit Ausnahme von bereits bestehenden, festgestellt werden konnten.

Die Prävalenz von Bronchialsymptomen bei Schwimmsportlern im Vergleich zu Eishockeyspielern wurde in einer kanadischen Studie untersucht<sup>15)</sup>. Asthmaartige Symptome waren eindeutig von der Trichloraminexposition abhängig und waren bei den am meisten exponierten Sportlern am häufigsten. Die Resultate dieser Studie legen einen Zusammenhang zwischen intensivem Schwimmen und Trichloraminexposition nahe.

### Asthma bei Kindern, die in ihrer Freizeit schwimmen und bei Babyschwimmern

Mehrere Studien haben auf einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Besuch von Schwimmbädern mit chloriertem Wasser und Asthma bei Kindern und Babyschwimmern hingewiesen, was eine Welle von Reaktionen in der Bevölkerung und in den Medien hervorrief.

Eine retrospektive Screeningstudie bei 1881 Schülern in Brüssel ergab eine Asthmaprävalenz von 5–30% und eine signifikante Korrelation zwischen Asthmaprävalenz und dem Besuch von chlorbehandelten Schwimmbädern. Die Korrelation war umso ausgeprägter, je frühzeitiger der Schwimmbadbesuch stattfand und je tiefer die Schwimmbaddecken waren<sup>16)</sup>. Eine Folgestudie derselben Autoren bei 341 Schülern zwischen 10 und 12 Jahren wies nach, dass Chlorprodukte beim Entstehen von Asthma eine Rolle spielen, und dies je mehr, je häufiger und frühzeitiger die Schwimmbadbesuche stattfanden<sup>17)</sup>.

Der Trichloraminwert im betreffenden Schwimmbad lag bei 0.3–0.5 mg/m<sup>3</sup>. Dieselben Autoren führten 2008 eine erneute Studie bei 847 Adoleszenten in 3 Schulen durch<sup>18)</sup>. In einem der Schwimm-

bäder wurde zur Desinfektion nicht Chlor, sondern ein Kupfer-Silber Ionisierungssystem verwendet. Diese Studie zeigte, dass Chlorprodukte die Entwicklung von allergischen Krankheiten und insbesondere von Asthma begünstigten, und zwar unabhängig von einer familiären Veranlagung. Das Risiko, Asthmasymptome zu entwickeln, war bei den Kindern, die das nicht chlorierte Schwimmbad besuchten, 4-mal geringer.

In einer prospektiven Studie in Deutschland<sup>19)</sup> wurden 2193 Kinder ab ihrer Geburt erfasst und im Alter von 6 Monaten, 1 Jahr, 18 Monate, 2, 4 und 6 Jahren regelmässig untersucht; die Eltern erhielten einen Fragebogen. Der Verdacht, dass der frühzeitige Besuch von Schwimmbädern das Auftreten von Atopien begünstigen würde, konnte nicht bestätigt werden. Dies widerspricht den in Belgien festgestellten Befunden. Die Erklärung dafür könnte in der 10-fach höheren Chloraminkonzentration im Wasser der belgischen Schwimmbäder gegenüber derjenigen in Deutschland liegen.

In Norwegen wurde eine Studie anhand einer 30 870 Kinder umfassenden nationalen Datenbank mit Hilfe eines Fragebogen durchgeführt<sup>20)</sup>. 25% der Kinder hatten an einem Kurs für Babyschwimmen vor dem Alter von 6 Monaten teilgenommen. Es schien, dass die frühzeitige Teilnahme an einem solchen Kurs mit dem Auftreten von Atemstörungen bis zum Alter von 18 Monaten verbunden war. Und eine kürzlich 2009 ebenfalls mittels Fragebogen durchgeführte spanische Studie untersuchte bei 3223 9–12-jährigen Kindern den Zusammenhang zwischen dem Besuch von gedeckten oder offenen Schwimmbädern und der Prävalenz von Asthma, Atopien und entsprechenden Symptomen<sup>21)</sup>. Die Trichloraminkonzentration in der Luft lag für die chlordesinfizierten gedeckten Schwimmbäder bei 0.16 mg/m<sup>3</sup>, für die bromdesinfizierten bei 0.026 mg/m<sup>3</sup> und für die offenen, chlordesinfizierten Schwimmbäder bei 0.002 mg/m<sup>3</sup>. Kinder, die Schwimmbäder vor dem Alter von 2 Jahren besuchten, hatten weniger Symptome der oberen und unteren Luftwege als solche, die erst nach dem Alter von 4 Jahren schwimmen gingen. Diese Ergebnisse widersprechen denjenigen der

belgischen Studien. Die Prävalenz von Ekzem nahm mit der Gesamtdauer der Schwimmbadbesuche zu.

Die zurzeit verfügbaren Studienresultate betreffend Säuglinge und Kleinkinder sind widersprüchlich. Sie regen aber dazu an, über die Risiken der Trichloraminexposition in Schwimmbädern und die zu treffenden Massnahmen zum Schutz der Luftwege nachzudenken.

### Was tun? – Empfehlungen und Vorschläge

Um die Qualität von Wasser und Luft in Schwimmbädern zu verbessern, muss die organische Verschmutzung möglichst gering gehalten werden – durch eine einfache Massnahme: Das obligatorische Duschen für Schwimmbadbenutzer auch tatsächlich durchsetzen.

Sensibilisierungsaktionen in diesem Sinn sollten in allen Schwimmbädern stattfinden.

In der Schweiz gibt es zurzeit noch keine Richtwerte für Trichloramin in der Luft von Schwimmbädern. In Folge der Studie von Jean Paratte erwägt die SUVA, den Grenzwert bei 0.3 mg/m<sup>3</sup> festzulegen. Der SIA (Schweizerischer Ingenieur und Architekten Verein) schlägt einen Grenzwert von 0.2 mg/m<sup>3</sup> vor, das Verfahren dazu ist noch im Gange. Zusätzlich sollte die Lüfterneuerung mindestens 30%/Std. sein.

In Frankreich ist der vom INRS (Institut national de recherche et de sécurité) vorgeschlagene Richtwert 0.5 mg/m<sup>3</sup>.

Zu bemerken ist zudem, dass diese Schutzmassnahmen nicht nur den Schwimmbadbenutzern, sondern auch den beruflich exponierten Personen zugute kommen.

### Schlussfolgerungen

Die Widersprüchlichkeit und Vielzahl der Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit, weitere Studien durchzuführen, gezielter, longitudinal und mit vergleichbaren Trichloraminspiegeln, um genauere Informationen zu erhalten und um Empfehlungen zum Schutz der Schwimmbadbenutzer und Berufspersonen ausarbeiten zu können<sup>22), 23)</sup>. Multidisziplinäre Studien wären wahrscheinlich sinnvoll. Die verfügbare Literatur weist

auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Schwimmbadbesuch und kindlichem Asthma hin, die Daten sind aber nicht schlüssig. Dieser Zusammenhang scheint bei Schwimmsportlern, bei denen Asthma generell häufiger vorkommt als bei anderen Spitzensportlern etwas eindeutiger zu sein. Es ist dennoch schwierig, einen Kausalzusammenhang festzuhalten; die meisten Studien gründen auf Beobachtungen und bei Freizeitschwimmern bestätigen sie sich nicht immer<sup>24</sup>. Der Einfluss anderer Anlagen, z. B. Whirlpools, auf Asthmakranke ist noch wenig untersucht<sup>25</sup>.

Bekannterweise wählen viele Asthmakranke das Schwimmen als Sportart. Es fehlen nach Altersklassen aufgeteilte Angaben, insbesondere für Kleinkinder und Babyschwimmer. Säuglinge und Kleinkinder sind wahrscheinlich am empfindlichsten, die Bademeister ihrerseits sind am längsten exponiert.

Die Widersprüchlichkeit der verfügbaren Studien soll uns zur Wachsamkeit anregen, denn eine schädliche Wirkung von Trichloramin kann nicht ausgeschlossen werden. Immerhin führte dies in der Schweiz zu einer Bestandesaufnahme, die in nächster Zukunft zur Festlegung gesetzlicher Normen zur Trichloraminkonzentration in der Luft von Schwimmbädern führen sollte. Die 2006 in Paediatrica publizierten Empfehlungen<sup>26</sup>, wiederholtes Exponieren von Kleinkindern mit einem anamnestischen Risiko für Asthma zu vermeiden, behalten ihre Gültigkeit.

*Unser herzlichster Dank geht an Jean Paratte (Spezialist für Arbeitshygiene, Wissenschaftlicher Leiter des Laboratoire intercantonal de santé au travail LIST in Peseux NE) für die Erlaubnis, uns auf seine Erhebungen berufen zu dürfen, für seine Verfügbarkeit und die fruchtbaren Diskussionen.*

*Bemerkung: Die Autoren erhielten keine finanziellen Beiträge und es bestehen keinerlei Interessenkonflikte.*

## Referenzen

Siehe französischer Text.

## Korrespondenzadresse

Dr Regula Corbelli  
Prof. C. Barazzone-Argiroffo  
Unité de Pneumologie pédiatrique  
Hôpital des Enfants  
Rue Willy-Donzé 6  
1211 Genève 14  
Tel. +41 22 372 45 79  
Fax +41 22 372 47 79  
[regula.corbelli@hcuge.ch](mailto:regula.corbelli@hcuge.ch)  
[constance.barazzone@hcuge.ch](mailto:constance.barazzone@hcuge.ch)