

Claudia Lehr

Dr. med.

Untersuchungen zur Neubildung flüchtiger Desinfektionsnebenprodukte bei der Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser

Promotionsfach: Infektiologie

Doktorvater: Priv. Doz. Dr. rer. nat. Lothar Erdinger

Obwohl vom Infektionsschutzgesetz vorgesehen, existieren in Deutschland keine gesetzlichen Regelungen zur Wasserqualität in Schwimm- und Badebecken. Die hygienischen Anforderungen an Schwimmbäder sind in der DIN 19643 und in den „Empfehlungen zur Bäderhygiene“ des Umweltbundesamtes enthalten. Die statistische Auswertung von mehr als 200 Wasseruntersuchungen in Schwimmbädern zeigt, dass es nur selten zu Abweichungen von den vorgegebenen Qualitätsparametern kommt.

Diese Arbeit beschäftigt sich primär mit einigen aus praktischer Sicht bedeutsamen Aspekten der Neubildung von zwei wichtigen Klassen von Desinfektionsnebenprodukten (DNP) in Schwimmbädern. Im ersten Teil wird die Kinetik der Bildung der Trihalogenmethane (THM) untersucht. Dass diese Stoffgruppe, zu der das Chloroform gehört, eine gesundheitschädliche Potenz hat, ist seit vielen Jahren bekannt. Da in den vergangenen Jahren neben den THM auch die Chloramine in den Vordergrund der Aufmerksamkeit rückten, wurde im zweiten Teil dieser Arbeit die Bildung dieser Stoffgruppe untersucht und mit den Bildungseigenschaften der THM verglichen. Diese Untersuchungen sind vor allem vor dem Hintergrund zu sehen, dass bestimmte Vertreter der Chloramine im Verdacht stehen, besondere gesundheitliche Bedeutung für Kinder zu haben. Zur Durchführung der im Zusammenhang mit dieser Arbeit notwendigen Experimente wurden die bei der statistischen Auswertung ermittelten Randbedingungen benutzt.

Ein aus praktischer Sicht wichtiges Ergebnis ist, dass die Neubildung von Chloroform bei konstanter Substratkonzentration in signifikanter Weise von der Menge des zugegebenen Chlors abhängt, so dass die im Wasser vorhandene Chlorkonzentration für die absolute Konzentration des Chloroforms im Becken von Bedeutung ist. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass Chloroform vor allem in neutralem bis alkalischem Milieu entsteht. Unter sauren Bedingungen wird kein bzw. nur sehr wenig Chloroform gebildet. Es zeigte sich, dass Chloroform in erheblich geringerer

Konzentration entsteht, wenn dem Reaktionsansatz beispielsweise Kaliumbromid zugegeben wird. Die Menge an gebildetem Bromoform ist analog zum ersten Versuch abhängig von der Ausgangskonzentration an Bromid. Bei Zugabe von Iodid in den Versuchsansatz sieht man, dass ebenfalls signifikant weniger Chloroform und Bromoform gebildet wird. Iodoform oder andere iodierte THMs lassen sich mittels Headspace-Gaschromatographie jedoch nicht reproduzierbar nachweisen.

Zum Nachweis der zweiten interessanten Desinfektionsnebenprodukt-Gruppe, den Chloraminen, wurde zunächst die einfache UV-Spektroskopie gewählt. In der Literatur finden sich sowohl für Mono-, Di- und Trichloramin UV-Spektren, die jedoch abhängig von den jeweiligen Versuchsbedingungen sind. Es wurden Lösungen aus Ammoniak und Hypochlorit hergestellt, die sich im ersten Versuchsansatz durch ihr Chlor zu Stickstoffverhältnis unterschieden. Es zeigte sich, dass Monochloramin sehr gut mittels UV-Spektrometrie detektiert werden kann. Bei zunehmendem Chlor-zu-Stickstoffverhältnis nimmt der entstehende Peak jedoch immer mehr ab, so dass bei zehnfachem Überschuss an Chlor kein Monochloraminpeak mehr dargestellt werden kann. Monochloramin ist unter Hypochloritüberschuss demnach instabil. Im zweiten Versuchsansatz wurden verschiedene pH-Werte bei festem Chlor-Stickstoffverhältnis vorgelegt. Es zeigt sich, dass in basischem Milieu Monochloramin sehr gut entsteht. Mit abnehmendem pH nimmt der Peak für Monochloramin ab, bis er bei einem pH von 2,8 ganz verschwunden ist. Hingegen entsteht bei den niedrigen pH-Werten ein Peak im Bereich der Wellenlänge des Dichloramins. Bei niedrigem pH zeigt sich zunächst ein schwacher Peak für Monochloramin, der nach wenigen Minuten verschwindet. Gleichzeitig erscheint ein Peak, der Dichloramin zugeordnet werden kann. Dies bestätigt die Annahme, dass Dichloramin bei niedrigem pH aus Monochloramin freigesetzt wird. Trichloramin konnte spektroskopisch in keinem der Ansätze nachgewiesen werden.

In einer weiteren Versuchsreihe sollte getestet werden, ob Trichloramin als flüchtige Substanz durch das Auffangen in einem geschlossenen System und dem erneuten Lösen in Wasser über das Standardmessverfahren für gebundenes Chlor, durch eine Farbreaktion mit DPD-Reagenz (N,N-Diethyl-p-phenylendiamin) und der anschließenden photometrischen Bestimmung nachgewiesen werden kann. Es kam jedoch zu keiner signifikanten Farbänderung, die auf die Entstehung von Trichloramin hinweisen würde.

Die Untersuchungen verdeutlichen die Komplexität dieses Themas und insbesondere der chemischen Prozesse, die mit der Neubildung der Desinfektionsnebenprodukte verbunden sind. Die immer wieder in der Literatur beschriebenen Hinweise auf

Gesundheitsgefährdungen durch Desinfektionsnebenprodukte, beispielsweise durch die Kanzerogenität von Chloroform und die fragliche asthmaauslösende Wirkung von Trichloramin, sollten Anlass dazu geben, weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet voranzutreiben. Erkenntnisse über die Entstehung und Zusammensetzung der Desinfektionsnebenprodukte ermöglichen gezielte Studien zur Risikoabschätzung und technische Entwicklungen zur Vermeidung oder Verringerung dieser Stoffe.