



Borden Park Natural Swimming Pool in Edmonton (Kanada)



Autor:
Stefan Bruns,
Polyplan-Kreikenbaum
Gruppe, Bremen

Der Borden Park Natural Swimming Pool ist das erste chemikalienfreie öffentliche Freibad in Kanada. Die Stadt Edmonton im Bundesstaat Alberta suchte für die Umsetzung der Badsanierung nach einer umweltverträglichen Lösung und entschied sich für eine physikalisch-biologische Wasseraufbereitung.

Parallelplanung zur Absicherung

2014 wurde die Polyplan GmbH (Betriebsstätte Bremen) gemeinsam mit dem Ingenieurbüro Blumberg aus Bovenden beauftragt, die Technologie für das erste kanadische Freibad mit biologischer Wasseraufbereitung (Natural Swimming Pool, kurz: NSP) zu entwickeln. Das Planungsteam führte zusammen mit dem verantwortlichen Architekturbüro gh3 architects aus Toronto mehrere Workshops durch, um gemeinsam mit der zuständigen Genehmigungsbehörde des Bundesstaates Alberta eine für Kanada genehmigungsfähige Lösung zu definieren.

Für die Realisierung mussten die Ingenieure zusammen mit den Architekten und Hygienikern kreativ werden, um einen Designansatz zu finden und letztendlich die Genehmigung des ersten kanadischen Freibades ohne chemische Desinfektion zu erzielen. Als rechtliche Lösung wurde das Projekt schließlich als „recreational waters“¹⁾ genehmigt, wobei die Abweichung der Bestandsnorm darin bestand, dass diese Becken gegenüber dem Boden abgedichtet sind.



Das Hauptbecken des Borden Park Natural Swimming Pool, im Hintergrund der Eingang;
Fotos: Raymond Chow GH3

Architektur und Design – ein kleiner Exkurs



Die Gabionenwand-Konstruktion erweckt bewusst den Eindruck eines Felsenmassivs.

Leises, aber kraftvolles Design unterstreicht die umweltverträglichen Ambitionen von Kanadas erstem Schwimmbad mit biologischer Wasseraufbereitung. Es erhielt bereits verschiedene Architekturpreise, z. B. 2019 den „Awards of Excellence“ vom Royal Architectural Institute of Canada.

Der Gebäudekomplex beherbergt universelle Umkleidekabinen, Duschen, Waschräume, Personalbereiche und die Anlagentechnik für die Wasseraufbereitung. Die Badelandschaft umfasst ein Kleinkinderbecken sowie ein Schwimmer- und Nichtschwimmerbecken. Im Bereich der Beckenumgänge befinden sich die Duschen, ein Sandstrand, Picknickplätze und Räume für weitere Freizeitaktivitäten (siehe Lageplan auf Seite xxx).

Die Materialwahl und die Formensprache schaffen eine grundlegende konzeptionelle Verbindung und abstrahieren die 200 Kilometer entfernt liegenden Rocky Mountains, Quelle und Stolz der Kanadier. Es soll das Gefühl erweckt werden, in der Landschaft zu baden.

Stein und Stahl der Gabionenwand-Konstruktion definieren den Rahmen. Es wird der Eindruck eines Felsenmassivs, bestehend aus steilen, massiven und doch porös durchlässigen Felsen erweckt.

Der Bereich der Becken wird durch eine ebene Landschaft definiert, in die er sich unspektakulär integriert. Die Oberflächen-Beläge schaffen nahtlose Übergänge zwischen Wasser, Beton-Beckenumgang, Holzterrassen und Sandstrand.

Das niedrige, geradlinige Gebäude endet mit einem Flachdach, das die dahinterliegenden Baumkronen umrahmt und dadurch das Gefühl von Freiheit und Offenheit unter freiem Himmel herbeiruft.

Das Nebeneinander der Elemente und Formen ruft Vergleiche mit der Geologie des Nordens hervor und verbindet diese mit der Region des Saskatchewan River und der flachen Topographie des Prärielandes.

Es existiert die weit verbreitete Auffassung, dass die Richtlinien für öffentliche Schwimmbäder in Kanada zu den strengsten in der Welt gehören. Nach vielen Modellierungen und Risk-Assessment-Bewertungen (Risikobewertungen) durch Nicholas Ashbolt²⁾ und Susan Petterson³⁾ konnte das Planungsteam sich jedoch weitestgehend an die Grundlagen der deutschen Richtlinien FLL⁴⁾ halten.

Da es sich um das erste Schwimmbad dieser Art in Kanada handelte, wurde eine Parallelplanung „Bad mit biologischer Wasseraufbereitung“ und „Bad mit physikalisch-chemischer Wasseraufbereitung“ nach kanadischem Planungsrecht durchgeführt. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass die Betreiberin, die Stadt Edmonton, im Worst Case das Bad mit überschaubarem Aufwand in ein Bad mit chemisch-physikalischer Wasseraufbereitung umbauen kann, ohne dass der Rohrleitungs- und Beckenbau angepasst werden muss.

Der Entwurfsprozess begann mit der Entwicklung einer Technologie bestehend aus einem nicht überstauten Mehrschichtfilter (Neptunfilter), einem überstauten Bodenfilter und einer hydrobotanischen Anlage.

Eine besondere Herausforderung war die frostsichere Ausführung von Becken und Rohrleitungen. In der Region ist der Sommer zwar kurz, aber die Sonne scheint intensiv und es werden schnell hohe Temperaturen erreicht. Die Winter hingegen sind lang und kalt, Temperaturen bis -40 °C führen zu einer Frostgrenze von 1,8 m.

Das Bad wurde 2018 fertiggestellt und wird seitdem mit großem Enthusiasmus betrieben. Da die Betreiber maximal 400 Besucher gleichzeitig in das Bad lassen, bilden sich häufig lange Warteschlangen vor dem Eingang, die aber von den Badegästen geduldig in Kauf genommen werden.

Auslegung und Design der Wasseraufbereitung

Das Nichtschwimmer-/Schwimmerbecken mit einem Volumen von 912 m^3 wird mit einem Volumenstrom von 80 bis 120 m^3 pro Stunde bzw. von 1536 bis 2304 m^3 pro Tag bei einer Einschaltdauer von 80 % beschickt. Dies entspricht einer Umwälzrate von 1,6 bis 2,5 U pro Tag. Das Kleinkinderbecken mit einem Volumen von 30 m^3 wird mit einem Volumenstrom von 15 bis 22 m^3 pro Stunde bzw. von 288 bis $422,4\text{ m}^3$ pro Tag bei einer Einschaltdauer von 80 % beschickt. Dies entspricht einer Umwälzrate von 9,6 bis 14,0 U pro Tag.

Die Auslegung der Wasseraufbereitung erfolgte nach den FLL-Richtlinien⁴⁾. Aufgrund der Neuheit dieses Verfahrens und der vorbereitenden Risk-Assessment-Analyse durch Ashbolt²⁾ und Petterson³⁾ wurde eine UV-Anlage jeweils im Reinwasserstrom mit einer Auslegung von 25 bis 40 MJ/cm nachgeschaltet. Nach den FLL-Richtlinien sind UV-Anlagen nicht zugelassen, um Standardfunktionen zu erfüllen, können aber als Zusatz zum Einsatz kommen.



Die Wasseraufbereitung (v. l.): Hydrobotanik, überstauter Bodenfilter und nicht überstauter Bodenfilter (oben)

Die UV-Anlage wurde aufgrund der Hygieneauswertung nach der ersten Betriebssaison außer Betrieb genommen und soll in Zukunft nur noch bei Fäkalunfällen als „Top-up-System“ zum Einsatz kommen.

Auslegung

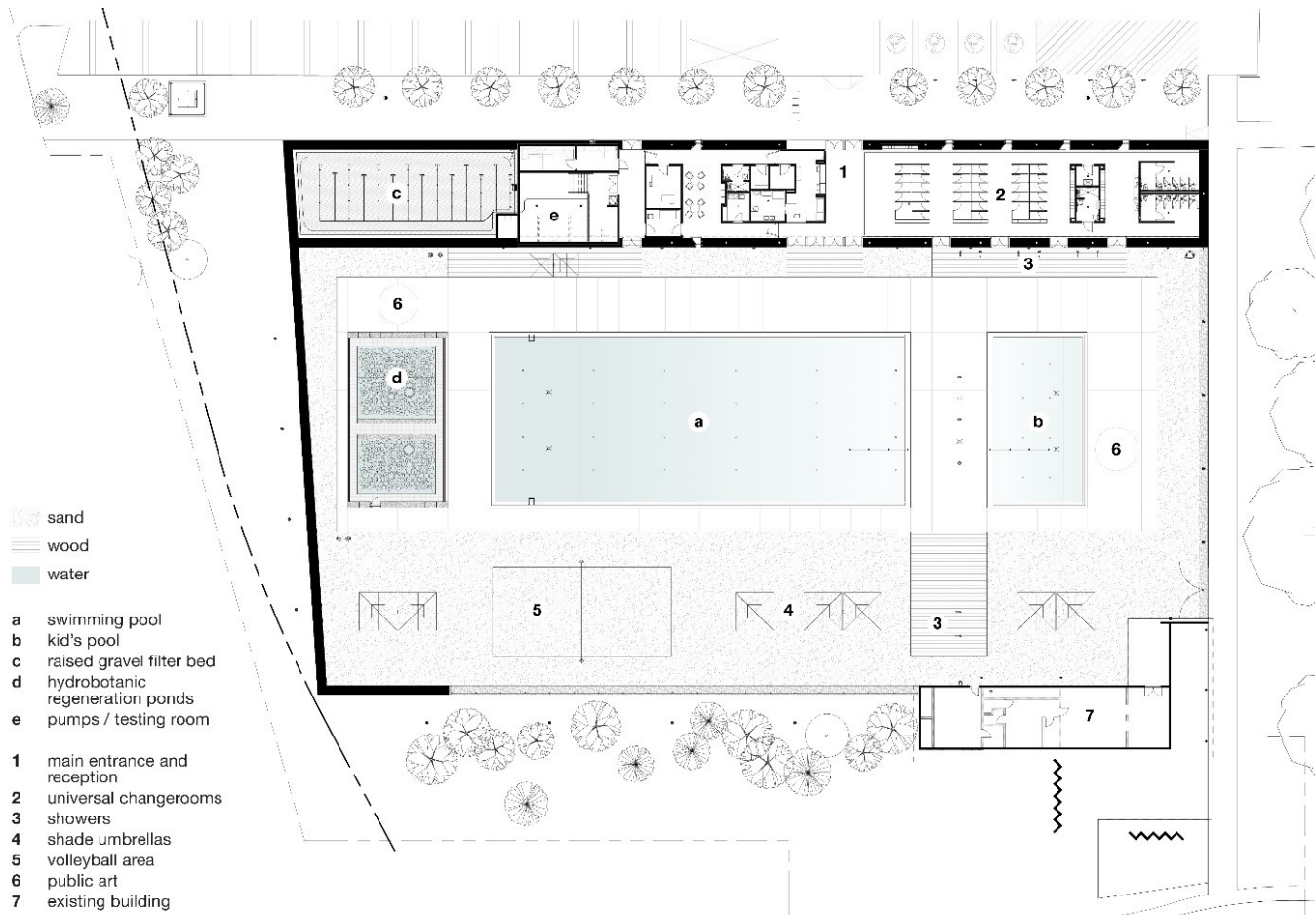
Auch die Lage und Positionierung der Wasseraufbereitung zeigt den geologischen Lauf des Wassers, die Filtration in porösen Bergzügen, die Sammlung des Filtratwassers in den Tälern, der Prärie. Das Ensemble aus den Nutzungsbereichen, der Hydrobotanik und dem überstauten Bodenfilter abstrahiert ein ausgewogenes limnologisches Ökosystem.

Die Filtration erfolgt auf zwei Arten: durch ein biologisch-mechanisches System bzw. der vorhandenen Feuchtgebiets- und Kiesfilter (ex situ) und der In-situ-Reinigung mit Zooplankton. Die Dimensionierung der Wasseraufbereitung wird in der Tabelle 1 dargestellt.

Ex-situ-Wasseraufbereitung	Fläche [m²]	Volumenstrom [m³/d]	Elimination E.coli/PT (P _{ges} = Gesamtphosphor)	Hydraulische Beschickung [m³/m²/d]
Hydrobotanik	50	250	0,1/0,4	5,0
Neptunfilter (nicht überstauter Substratfilter)	190	2470	0,9/0,2	13,0
überstauter Substratfilter	50	250	0,85/0,2	5,0
erweiterte Wasseraufbereitung (P-Adsorber)	1,7	204	0,0/0,6	120,0



*Tabelle 1:
Auslegung in Anlehnung
an die FLL-Richtlinien⁴⁾*



Hygienedaten aus dem Bäderbetrieb

Lageplan des
Borden Park Natural
Swimmingpools

Die Hygieneparameter werden kontinuierlich in engen Zeitabständen untersucht. Neben den in Europa üblichen Leitkeimen wie *E. coli*, Intestinale Enterokokken und *Pseudomonas aeruginosa* wurden zusätzlich *Human Bacteroides* in das Untersuchungsprogramm integriert. Diese Parameter wurden in einem engen Messraster von 1–3 Tagen erhoben. In Europa sind Intervalle von 7–14 Tagen üblich. *Legionella pneumophila*, *Giardia intestinalis* und Kryptosporidien wurden nur im Rahmen einer Sonderkampagne im Juli 2019 erhoben.

Der Wert für *Pseudomonas aeruginosa* lag: – zwischen 0 und 77 KBE/100 ml
 – 90. Perzentil ≤ 61 KBE/100 ml
 – 75. Perzentil = 0 KBE/100 ml

Die Werte für *Legionella pneumophila*, *Giardia*, Kryptosporidien und *Human Bacteroides* lagen stets unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenze.

Die Phosphorwerte P_{ges} – P und PO_4^{3-} – befanden sich immer unterhalb der Nachweisgrenze von 10 µg/l.

Die pH-Werte schwankten in einem Bereich zwischen 8,4 und 8,72. Sie werden durch das verwendete Filtergranulat (hier Kalkstein aus den Rocky Mountains) relativ hoch gepuffert.

Die Leitfähigkeit steigt während der Betriebssaison durch eine Aufsalzung durch Verdunstung und den Eintrag von Badegästen. Das Füllwasser wird vor der Einleitung dechloriert, es weist eine entsprechend erhöhte Leitfähigkeit auf.

Die Hygieneparameter wurden stets eingehalten, sodass ein reibungsloser Betrieb realisiert werden konnte.

Risk Assessment

Susan Petterson³⁾ und Nicholas Ashbolt²⁾ wurden von der Stadt Edmonton mit dem Planungs- und später mit dem betriebsbegleitenden Risk Assessment betraut. Die grundsätzliche Aufgabenstellung bestand in der Bewertung der Fragestellung bezüglich der quantitativen mikrobiellen Risikobewertung (Quantitative Microbial Risk Assessment, kurz: QMRA) beim Baden in einem NSP. Zur Bewertung wurde mit dem Risikomodell QMRA der Weltgesundheitsorganisation (WHO) von 2016 gearbeitet.

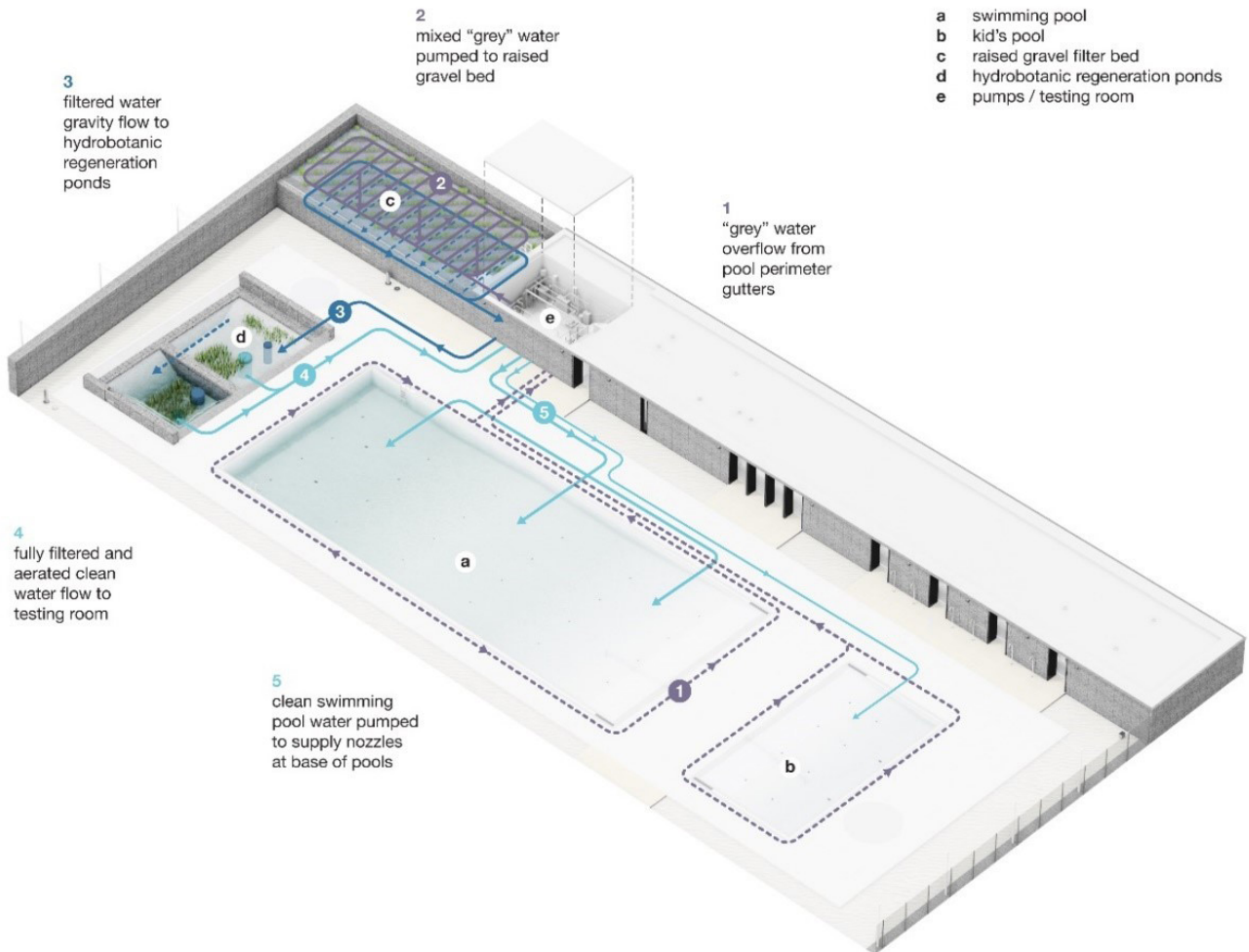
Die Risikobewertung sollte u. a. für folgende Szenarien erfolgen:

1. Bewertung der Sicherheit unter normalen Badebedingungen
2. Bewertung der Sicherheit bei versehentlichen Fäkalienfreisetzungen

Methode

Zuerst wurde ein Besucherszenario statistisch nachvollziehbar aufgestellt. Die sich daraus ergebenden zeitlichen Besucherschwankungen wurden mit deren Infektionsanfälligkeiten hinsichtlich der einzelnen infrage kommenden Überträger ins Verhältnis gesetzt. Daraus ließ sich rechnerisch herleiten, bis zu welchen Keimzahlen in welchem Perzentil die Bedingung unterschritten wird, dass nicht mehr als 3,2 % der Badegäste eine Infektion durch das Baden erleiden⁵⁾. Diese Zahl basiert auf einer Reihe von epidemiologischen Studien, die zu dem Schluss kamen, dass 32 Infektionen pro 1000 Schwimm-Ereignisse das anerkannte Hintergrundrisiko in öffentlichen Bädern darstellen, das international entsprechend toleriert wird.

		Erwachsener	Kind
Einnahmemenge pro Person		16 ml (Dufour)	37 ml (Dufour)
Fäkaleintrag pro Schwimm-Ereignis		0,0001–0,1 g (Gerba 2000)	0,01–10 g (Gerba 2000)
	Campylobacter	Norovirus	Cryptosporidium
Dosis-Wirkungs-Modell: genaue Beta-Poisson-Parameter für die Infektion	$\alpha = 0,024$; $\beta = 0,011$ (Teunis, Van Den Brandhof et al. 2005)	$\alpha = 0,063$; $\beta = 0,032$ (Messner, Berger et al. 2014)	$\alpha = 0,115$; $\beta = 0,176$ (Teunis, Van Den Brandhof et al. 2005)
Wahrscheinlichkeit einer Krankheit bei Infektion	0,2 (Black, Levine et al. 1988)	0,7 (Teunie et al. 2008)	0,7 (U.S. EPA 2006)
Kritische Dosis (Anzahl Organismen für <32 Infektio- nen/1000): Erwachsene (Kinder)	18,4 (7,9)	4,9 (2,1)	8,4 (3,6)



Funktionsschema der Wasseraufbereitung

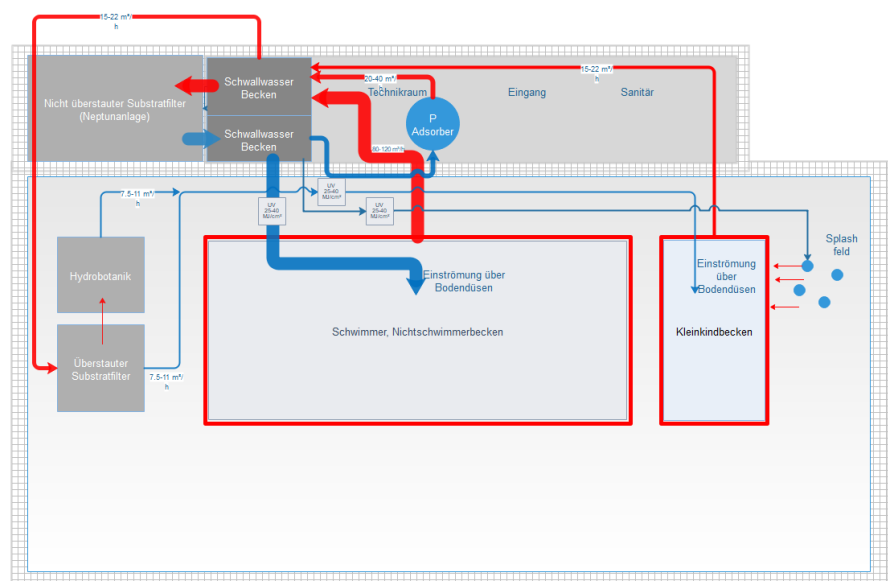


Tabelle 2: Spezifische Einträge und kritische Dosierungen. Eingangsdaten für und Ergebnisse aus dem Critical-dose-Modell; Quelle: Susan Petterson³⁾

Fließschema:
Rot = Rohwasser,
Blau = Reinwasser

Bezogen auf Enterokokken wird dieses Risiko in etwa bei einem Median von > 30 KBE/100 ml bzw. bezogen auf E. coli entsprechend bei > 110 KBE/100 ml erreicht. Diese Parameter werden als Leitparameter für die Bäder nach DIN 19643 sowie auch für Bäder mit biologischer Wasseraufbereitung gemäß FLL zugrunde gelegt.



Tabelle 3: Notwendige Keimreduktionen in Log-Stufen bezogen auf den betrachteten Keim, die spezifischen Filtrationsraten und Badegast-Szenarien für den Borden Park Pool, Quelle: Susan Petterson³⁾

Das Risk Assessment ging allerdings bewusst über die Betrachtung der bestehenden Leitkeime hinaus, um ggf. neue Erkenntnisse darüber zu erlangen, welche Parameter ggf. ein größeres Risiko darstellen oder im Umkehrschluss eine höhere Verdünnung durch Reinwasser erfordern. In Tabelle 2 werden die verwendeten Annahmen für das Risk-Modell dargestellt.

Über ein Critical-dose-Modell wurde die kritische Aufnahme für Campylobacter, Norovirus und Kryptosporidien ermittelt, die nicht überschritten werden darf, um den Wert von maximal 32 Infektionen pro 1000 Schwimm-Ereignisse einzuhalten. Darüber hinaus wurden die Annahmen zur Wasseraufnahme durch Erwachsene und Kinder sowie der zu erwartende Koteintrag pro Badegast aus der entsprechenden Gruppe dargestellt.

Mit den rechnerischen Ein- und Austrägen der betrachteten Hygieneparameter wurden im Anschluss die sich rechnerisch einstellenden Konzentrationen sowie die notwendigen Eliminationsraten der Wasseraufbereitung berechnet, die nötig wären, um bei den betrachteten Parametern das genannte Infektionsrisiko nicht zu überschreiten.

Interessanterweise ergibt sich eine notwendige Abbaurate von > 2 Log-Stufen, teilweise bei Nenn-Besucherbelastung (Szenario 1) sowie durchgehend bei der maximalen Besucherbelastung, ausschließlich bei Noroviren. Hier ist zu beachten, dass ein fäkaler Unfall noch nicht berücksichtigt wurde. Hinsichtlich der weiteren Parameter reicht bei den genannten Filtrationsraten eine Log-Stufe aus, um die geforderten Konzentrationen auch im 95. Perzentil einzuhalten.

Die Abbauraten der Wasseraufbereitungsanlage wurden im Rahmen von einem Sonderuntersuchungsprogramm mit Test-Organismen durch Zu- und Ablaufmessungen erhoben.

Mittlere Keimzahlreduktionen in Log-Stufen (95 % Vertrauensintervall)				
Wasseraufbereitung	Bakteriophage MS2 (qPCR)	Bakteriophage MS2 (PMA vorbehandelt qPCR)	Enterococcus faecalis (Kultur assay)	Saccharomyces cerevisiae (Kultur assay)
NF Neptunfilter	1,35	0,83	1,48	1,69
	(1,05–1,82)	(0,44–1,64)	(1,36–1,60)	(1,54–1,85)
Hydrobotanik + überstauter Substratfilter	2,35	1,76	1,79	1,84
	(2,21–2,52)	(1,55–2,02)	(1,75–1,84)	(1,63–2,01)
UV1 (nach Neptunfilter)	0,73	0,62	> 4,02	> 2,83
	(0,13–1,40)	(–0,24–1,18)	(3,66–4,62)	(2,49–3,33)
UV2 (nach Hydrobotanik+ überstautem Bodenfilter)	> 1,56	1,76	> 4,04	> 2,77
	(1,39–1,69)	(1,48–1,96)	(4,01–4,07)	(2,51–3,17)



Tabelle 4: ermittelte Abbauraten im Anlagenbetrieb der Wasseraufbereitung im Freibad Edmonton im Rahmen der Risikoanalyse von Susan Petterson³⁾

	Erwartete Referenz-Konzentrationen an pathogenen Keimen (Keimzahl*1-1)			Notwendige Log10-Reduktionen zur Erreichung einer sicheren Wasserqualität*					
				Erwachsene			Kinder		
	Perzentil			Perzentil			Perzentil		
Hauptbecken	50	75	95	50	75	95	50	75	95

Campylobacter

Nenn-Besucherbelastung	0,067	6,0	65	0	0	0,56	0	0	0,92
Max. Besucherbelastung	1,1	15	93	0	0	0,70	0	0,26	1,1

Norovirus

Nenn-Besucherbelastung	230	1.300	8.000	1,7	2,4	3,2	2,0	2,8	3,6
Max. Besucherbelastung	620	2.500	11.000	2,1	2,7	3,3	2,5	3,1	3,7

Giardia

Nenn-Besucherbelastung	0	0	4,11	0	0	0	0	0	0
Max. Besucherbelastung	0	0,34	5,73	0	0	0	0	0	0

Kryptosporidien

Nenn-Besucherbelastung	0	0	0,43	0	0	0	0	0	0
Max. Besucherbelastung	0	0,038	0,63	0	0	0	0	0	0

Kinderbecken									
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Campylobacter

Nenn-Besucherbelastung	0	0	0,27	0	0	0	0	0	0
Max. Besucherbelastung	0	0	9,7	0	0	0	0	0	0,15

Norovirus

Nenn-Besucherbelastung	0	0	2.300	0	0	0	0	0	3,0
Max. Besucherbelastung	0	0	6.100	0	0	0	0	0	3,4

Hinweise: * = Um die rechnerische Infektionsrate von 32 Infektionen pro 1000 Schwimmer zu unterschreiten; rote Zahlen = Bereiche, an denen die notwendige Abbauleistung höher ist als die von den Wasseraufbereitungsanlagen erreichte Abbauleistung.

Die Tabelle 4 zeigt die in diesem Projekt realisierten und nachgewiesenen Abbauraten in den Wasseraufbereitungsanlagen. Diesen Daten wurden im Anlagenbetrieb der Wasseraufbereitung im Freibad Edmonton im Rahmen der Risikoanalyse erhoben. Da wie vorher dargestellt, die höchsten Abbauraten hinsichtlich der Noroviren erzielt werden müssen, sind bei der folgenden Betrachtung der erzielten Abbauraten in den einzelnen Wasseraufbereitungsstufen die Bakteriophagen von entscheidender Bedeutung, da sich diese hinsichtlich der Abbaumechanismen ähnlich wie die Noroviren verhalten und daher hier in erster Näherung stellvertretend dafür betrachtet werden können.

Die erzielten Abbauraten bei den Bakteriophagen lagen zwischen 1,35 Log-Stufen für den stark durchströmten nicht überstauten Bodenfilter (13 mWs/m²/d) und 2,35 Log-Stufen für die langsam durchströmte Kombination aus Hydrobotanik und überstautem Bodenfilter (5 mWs/m²/d).

Die nachgeschaltete UV-Behandlung fällt mit 0,73 bis 1,56 Log-Stufen deutlich geringer aus als erwartet. Hierfür werden von Petterson³⁾ einige Erklärungen genannt, auf die hier nicht weiter eingegangen wird.

Relevanz der Ergebnisse für den Bäderbetrieb

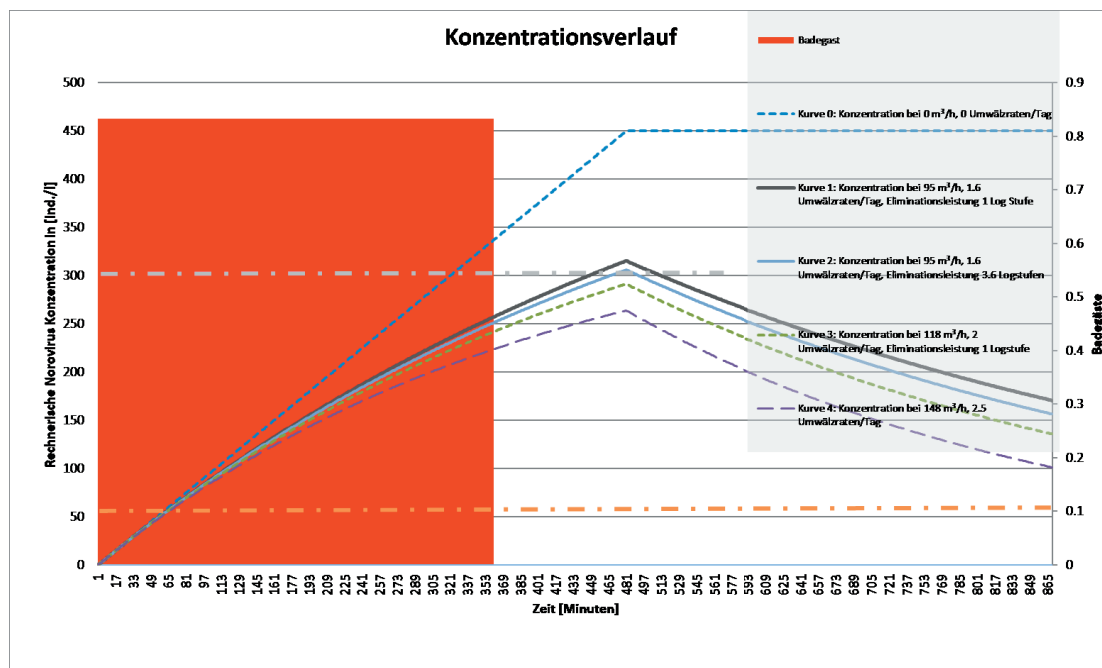
Aufgrund der relativ geringen Abbauleistung des UV-Lichtes wird dieses seit dem zweiten Betriebsjahr ausschließlich für einen Fäkalunfall vorgehalten und kam seitdem nicht mehr zum Einsatz.

Für den Norovirus wurde angenommen, dass Erwachsene Fäkaleinträge von 0,0001 bis 0,1 g pro Schwimmer und Tag eintragen (siehe Tabelle 2). Für Kinder lag dieser angenommene Wertebereich bei 0,01 bis 10 g pro Kind und Tag. Ferner wurde angenommen, dass pro Gramm Fäkaleintrag mit einem Norovirus-Medianwert von $1 \cdot (10^8(10^4 - 10^{10}))$ zu rechnen ist.

Geht man von einer Deposition von 0,045g pro Badegast und einer Noroviren-Konzentration von $(10^8(10^4 - 10^{10}))$ (Bambic et al. 2011)⁶⁾ pro Gramm Fäkaleintrag bei Kindern aus, so ergibt sich hieraus demnach ein theoretisch zu erwartender Norovirus-Eintrag von $0,045 \cdot 10^8$ Noroviren pro Badegast und Tag.

Ausgehend von einer der FLL-Vorgabe entsprechenden Eliminationsleistung von 1,6 Log-Stufen, die hier analytisch nachgewiesen wurden (siehe Tabelle 4), ergibt sich bezogen auf die notwendige Filtrationsrate die rechts abgebildete Kurve für das Schwimmer-/Nichtschwimmerbecken.

Das Diagramm zeigt die Ergebnisse einer numerischen Zeitreihe, bei der berechnet wird, wie sich die Konzentration an Noroviren (linke Seite) bei der vom Risk Assessment als notwendig erachteten Abbauraten von 3,6 bezogen auf Noroviren im Volllastbadebetrieb über einen Tag entwickelt. Auf der x-Achse wird die Zeit vom Betriebsbeginn im Minuten-Zeitschritt abgebildet. Auf der rechten vertikalen Achse werden die Badegäste pro Zeit abgebildet, wobei von einer gleichbleibenden Belastung (Volllastauslegung) des Beckens über die Betriebszeit von 480 Minuten, also acht Stunden am Tag, ausgegangen wird. Es geht darum zu zeigen, wie schnell sich eine Log-Stufe von 1,6 im Vergleich zur Log-Stufe 3,6 durch Volumenstromerhöhung kompensieren lässt.



Rechnerischer Konzentrationsverlauf der Norovirus-Konzentrationen in Abhängigkeit der Umwälzrate und der Eliminationsrate, Quelle: Stefan Bruns

Erläuterungen der Kurven

Kurve 0 (blau gestrichelt)

zeigt den rechnerischen Verlauf der Norovirus-Konzentration durch den Eintrag von Badegästen ohne Verdünnung durch die Wasseraufbereitung.

Kurve 1 (schwarz)

zeigt den rechnerischen Verlauf der Norovirus-Konzentration durch den Eintrag von Badegästen mit 95 m³/h (1,6 Umwälzraten/Tag) Verdünnung durch die Wasseraufbereitung, mit einer Eliminationsleistung von 1,6 Log-Stufen, so wie sie im Realbetrieb im Freibad Edmonton realisiert wird.

Kurve 2 (hellblau)

zeigt den rechnerischen Verlauf der Norovirus-Konzentration durch den Eintrag von Badegästen mit 95 m³/h Verdünnung durch die Wasseraufbereitung, mit einer Eliminationsleistung von 3,6 Log-Stufen, wie durch die Risikoanalyse gefordert. Hier würde sich bei der numerischen Betrachtung unter den genannten Annahmen und einer gleichen Badegastverteilung über den Betriebszyklus von acht Stunden eine maximale Norovirus-Konzentration von 306 Indikationen pro Liter, entsprechend umgerechnet 30 Indikationen pro 100 ml einstellen.

Geht man von dieser Konzentration aus, so wird die kritische Dosis von 4,9 Indikationen pro Erwachsenen genau bei der Wasseraufnahme von 0,016 Liter pro Badegast erreicht. Dieses entspricht der genannten Aufnahme aus Tabelle 2 „Kritische Dosis (Anzahl Organismen für <32 Krankheit/1000)“. Die Grenzlinie ist als graue Strichpunktlinie dargestellt.

Kurve 3 (grün gestrichelt)

zeigt den rechnerischen Verlauf der Norovirus-Konzentration durch den Eintrag von Badegästen mit 118 m³/h (2,0 Umwälzraten pro Tag) Verdünnung durch die Wasseraufbereitung, mit einer Eliminationsleistung von 1,0 Log-Stufen. Die Norovirus-Konzentration liegt dort bei ca. maximal 280 Indikationen pro Liter.

Kurve 4 (violett gestrichelt)

zeigt den rechnerischen Verlauf der Norovirus-Konzentration durch den Eintrag von Badegästen mit 148 m³/h (2,5 Umwälzraten pro Tag) Verdünnung durch die Wasseraufbereitung, mit einer Eliminationsleistung von einer Log-Stufe. Dieser Kurvenverlauf liegt bereits unterhalb der laut Risk Assessment gestellten Anforderung und somit innerhalb des tolerierbaren Bereiches. Die Norovirus-Konzentration liegt jetzt bei ca. maximal 260 Indikationen pro Liter. Hieraus ergibt sich, dass Umwälzraten von mindestens zwei Umwälzungen pro Tag eingehalten werden sollten, aber auch mit ausreichender Sicherheit ausreichen würden, um das Norovirus-Risiko im tolerierbaren Bereich unterhalb von 32 Infektionserkrankungen von 1000 Schwimm-Ereignissen zu halten.



Die In-situ-Entkeimung wurde bei allen Betrachtungen nicht berücksichtigt.

*Bestandteile der Wasseraufbereitung (v. l.):
Hydrobotanik und überstauter Bodenfilter*

Diese Risikoanalyse stellt einen weiteren wichtigen Baustein für die Auslegung und den Betrieb von Bädern mit biologischer Wasseraufbereitung dar. Zusätzlich quantifiziert sie die Abbauleistung von Bakterien und Viren durch die in der FLL beschriebenen Wasseraufbereitungsanlagen. Indem sie die realen Abbauleistungen erhebt und statistisch auswertet, beweist sie zudem den Abbau und stellt somit einen weiteren Baustein in der Entwicklung der Bäder mit biologischer Wasseraufbereitung dar. Mit diesen Ergebnissen könnte die FLL-Richtlinien – insbesondere hinsichtlich der Auslegung für Kleinkinderbecken – überarbeitet werden.

Anmerkungen und Quellen

- ¹⁾ Guidelines for Canadian Recreational Water Quality – Third Edition; <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-recreational-water-quality-third-edition.html> (abgerufen am 13. April 2020)
- ²⁾ Professor Nicholas J. Ashbolt, Alberta Innovates Translational Health Chair in Water, School of Public Health, University of Alberta, Edmonton
- ³⁾ Associate Professor Susan Petterson, School of Medicine, Griffith University, Australia, and Director of Water & Health Pty Ltd
- ⁴⁾ Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) [2011]. Richtlinien für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung (Schwimm- und Badeteiche).
- ⁵⁾ US-EPA. 2012: Recreational Water Quality Criteria. EPA 820-F-12-058. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC
- ⁶⁾ Dustin Bambic, 2011: Quantification of Pathogens and Sources of Microbial Indicators for QMRA in Recreational Waters; WERF Research Report Series. ISBN: 9781843395430 (E-Book)



