

# Spezifika der Wasseraufbereitung für Schwimmbäder



Dipl.-Ing. Dr. Arno Sorger

W.H.U. GmbH

Bodenlehenstraße 15

5500 Bischofshofen

Tel.: 0664 13 89 555

E-mail: arno@sorger.at

# Hygiene

- Hygiene ist die Wissenschaft der Vorbeugung von Krankheiten

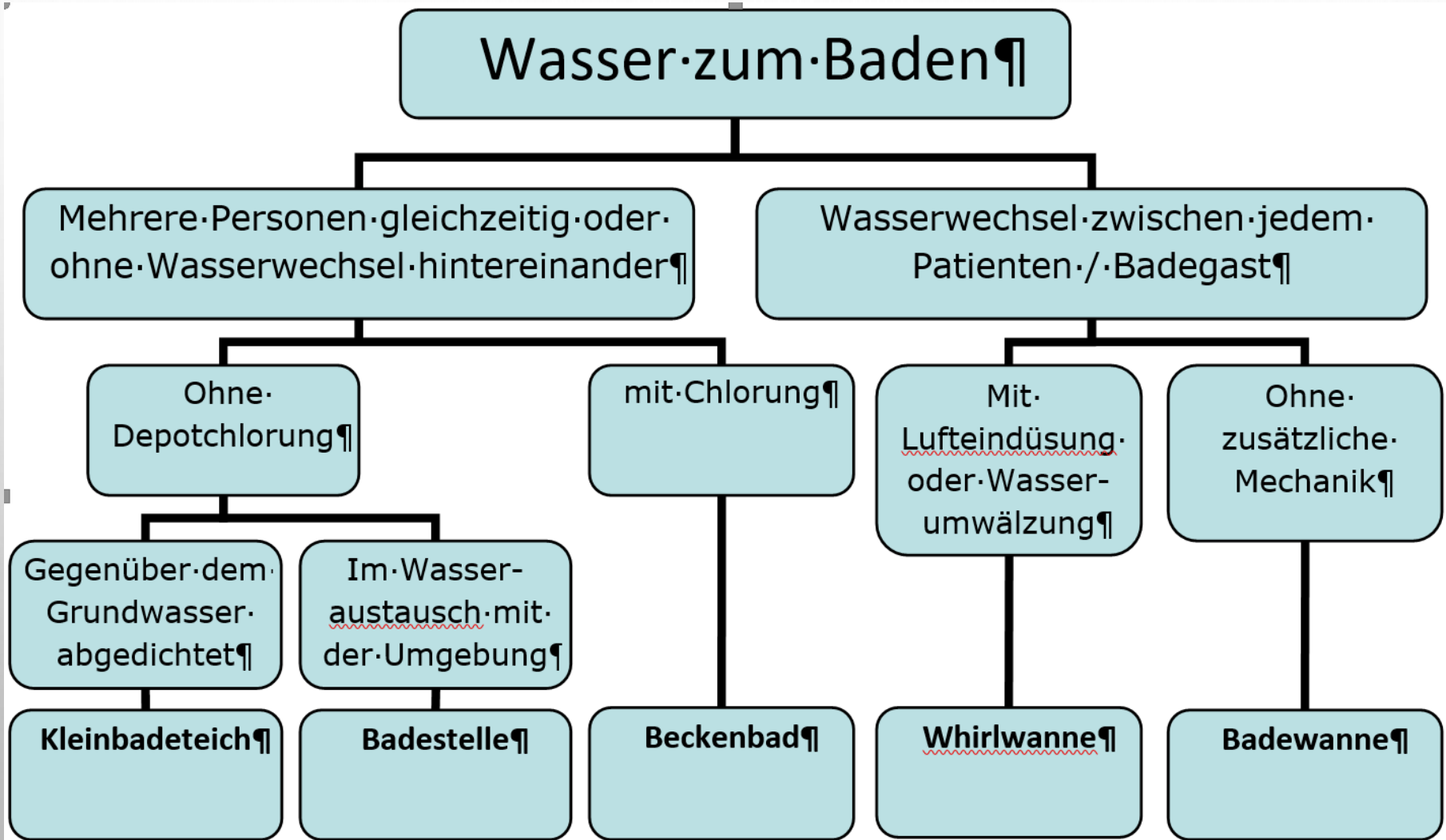
# Wasseraufbereitung wozu?

- Klares Wasser
  - Sauberkeit
  - Sicherheit
  - Hygiene
- Geruch
  - Modrig/muffig/faulig: Wasser schlecht
  - Chlor(amin): Wasser hygienisch, „chemisch“
  - Geruchlos:??

# Infektionen aus dem Schwimmbad - Beispiele

- Bakterien: Salmonellen
- Pilze: Candida
- Viren: HAV
- Protozoen: Cryptosporidien

# Entscheidungsbaum Bäderhygiene



# Naturnahes Baden – Kennzeichen eines Badegewässers

- Das Wasser des Badegewässers befindet sich im Austausch mit der Umgebung. Das Gewässer kann ein natürliches Gewässer sein oder künstlich geschaffen sein („Baggerteich“).
- Badegewässer sind durch EU-Richtlinie geregelt („Badegewässerverordnung“). Die Untersuchung der Wasserqualität erfolgt durch die Behörde.
  - Hinweis: Nicht jede Badestelle ist eine „EU-Badestelle“. Für diese Badestellen gilt die ÖNORM M6230
- Der Betreiber eines Bades an einem Oberflächengewässer verkauft nur die Infrastruktur, nicht die Wasserqualität!

# Naturnahes Baden – Kennzeichen eines Kleinbadteiches

- Künstlich geschaffenes Gewässer, dass gegenüber dem Grundwasser abgedichtet ist. Der Wasseraustausch mit der Umgebung ist minimiert.
- Das Gewässer ist naturnah gebaut. Mindestens 1/3 der Fläche dient der Regeneration. Die durchschnittliche Tiefe des Schwimmbereiches muss mindestens 1,8m betragen.
  - Hinweis: Derzeit sind die Vorschriften bezüglich Kleinbadeteiche in Überarbeitung (sowohl in der BHygV als auch in der M 6235)
- Der Betreiber eines Kleinbadeteiches verkauft „Teich“ und „Infrastruktur“. Er ist für die Qualität des Wassers verantwortlich!

# Badebecken

- Alle Bereiche, in denen mehrere Personen gleichzeitig oder ohne Wasserwechsel hintereinander baden und die nicht unter „Badestelle“ oder „Kleinbadeteich“ fallen, sind Badebecken.
- Badebecken müssen mit Desinfektionsmittel versetzt werden.
- Die Wasserqualität liegt in der Verantwortung des Betreibers



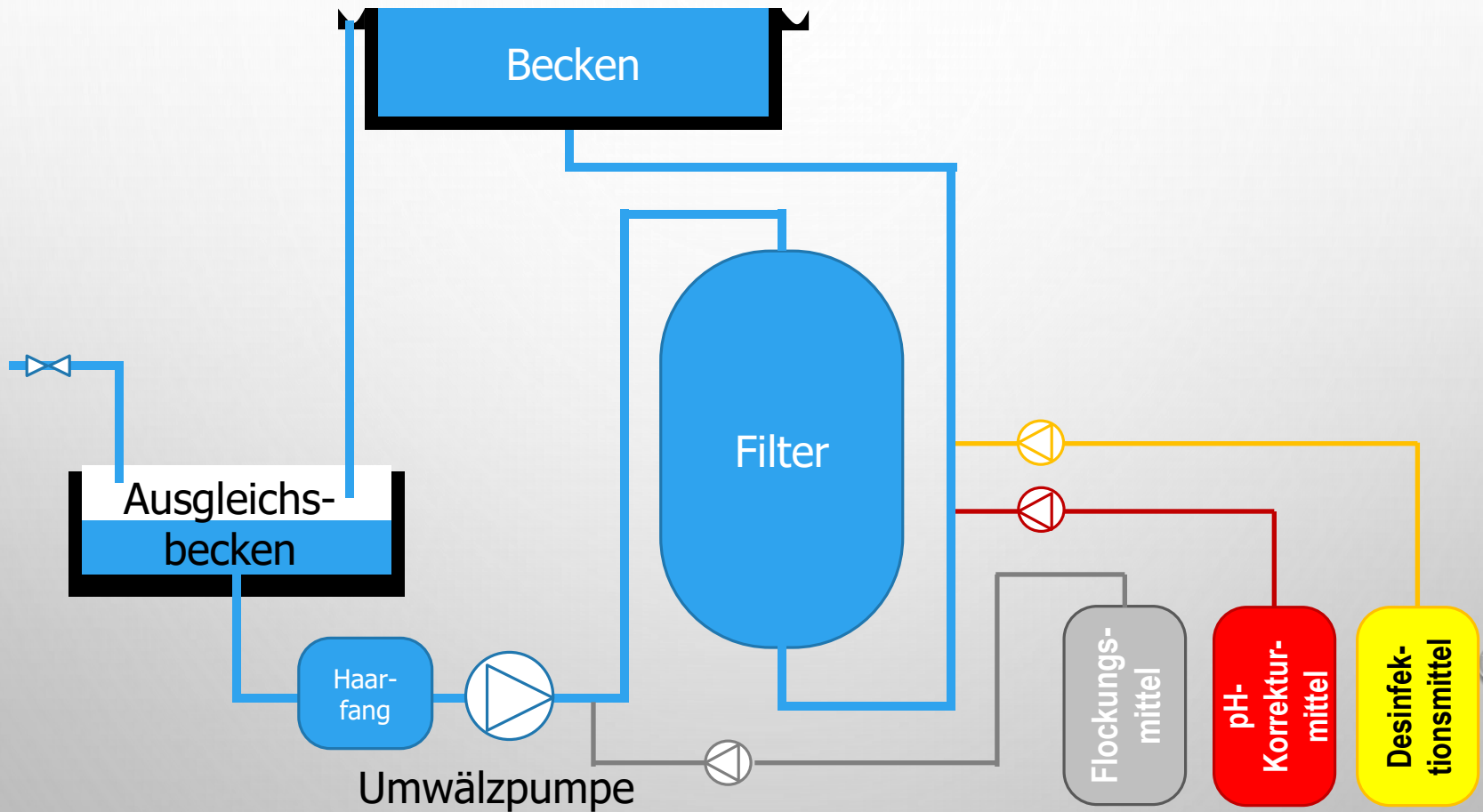
# Wasseraufbereitung

- Eine Wasseraufbereitung ist NICHT zwingend vorgegeschrieben.
- Gemäß BHygV und ÖNORM M 6216 ist das wesentliche Kriterium die Wassermenge, die einem Becken zugeführt wird:
- Vereinfachte Berechnung (ohne Ozonanlage bzw. Therapiebecken):
  - Becken  $\leq 1,35$  m Wassertiefe:  $Q_A = A/1,5$  [m<sup>3</sup>/h]
  - Becken  $> 1,35$  m Wassertiefe:  $Q_A = A/2,5$  [m<sup>3</sup>/h]
  - Becken  $> 32^\circ\text{C}$ :  $Q_A = A/1,0$  [m<sup>3</sup>/h]
- Das Wasser kann aufbereitet werden („Badewasserkreislauf“) oder als Füllwasser zugeführt werden.
- Festgelegt sind Qualitätsanforderungen an Füllwasser und Beckenwasser

# Attraktionszuschläge

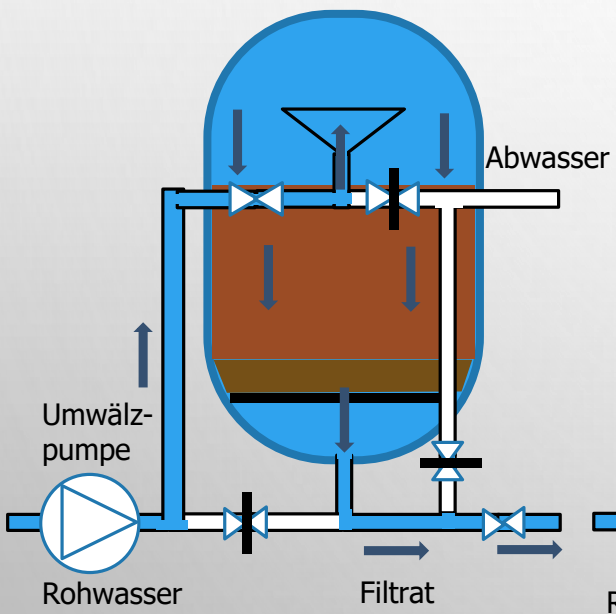
- Attraktionen führen zu stärkerer Belastung und stärkerer Verschmutzung des Beckens (Hautabrieb, Bewegung)
- Diese zusätzlichen Belastungen sind bei der Aufbereitung zu berücksichtigen.
- Dies erfolgt durch „Attraktionszuschläge“ in der zugeführten Wassermenge
  - 3 m<sup>3</sup>/h / 5 m<sup>3</sup>/h bei kleinen Attraktionen ( $\leq 32^{\circ}\text{C}$  /  $> 32^{\circ}\text{C}$ ) (z.B. Massagedüse)
  - 35 m<sup>3</sup>/h bei Wasserrutschen zwischen 1-2 m Starthöhe
  - 60 m<sup>3</sup>/h bei großen Attraktionen (z.B. Wildbach, große Wasserrutschen)

# Badewasserkreislauf

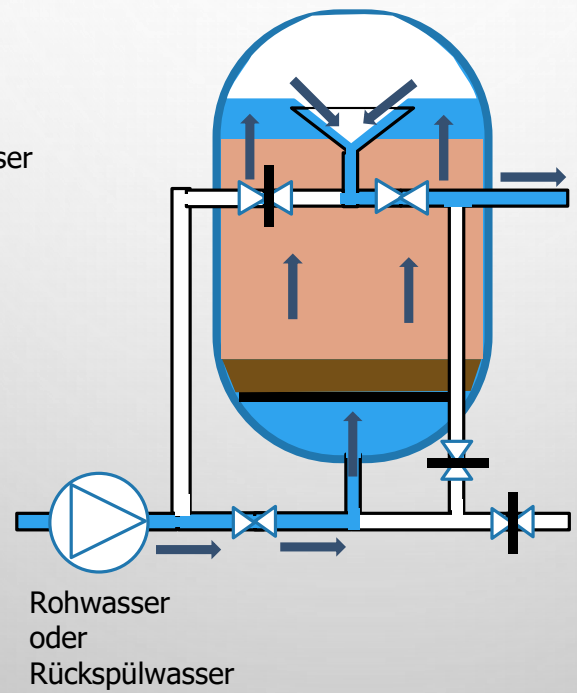


# Filterrückspülung

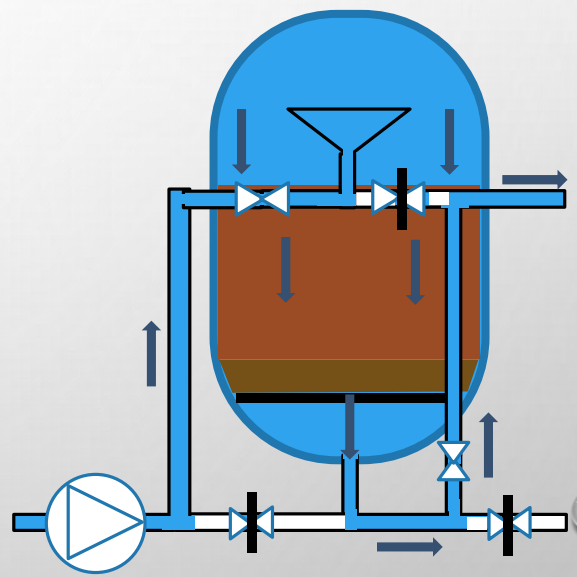
Filtern



Rückspülen



Klarspülen



# Filter - Einschichtfilter

- Mindestens 1,2 m Filterhöhe
- Quarzsand 0,71 mm bis 1,25 mm oder 1,0 mm bis 2,0 mm
- Filtergeschwindigkeit: maximal 30 m/h, maximal 20 m/h bei Becken mit einer Wassertemperatur  $> 35^{\circ}\text{C}$ , Warmsprudelbecken, Therapiebecken und Salzwasserbecken
- Rückspülgeschwindigkeit:  $>60$  m/h
- Vorteil: keine Chlorzehrung, sehr gut rückspülbar, mikrobiologisch eher stabil
- Nachteil: unpolare Substanzen werden nur teilweise aus dem System entfernt, Filterwirkung vor allem durch Tiefenwirkung

# Filter - Mehrschichtfilter

- Korngrößenkombination A („klein“): Filterschicht 1 – Quarzsand 0,4 mm bis 0,8 mm, Filterschicht 2 – Anthrazit/Braunkohlenkoks 0,6 mm bis 1,6 mm
- Korngrößenkombination B („groß“): Filterschicht 1 – Quarzsand 0,71 mm bis 1,25 mm, Filterschicht 2 – Anthrazit/Braunkohlenkoks 1,4 mm bis 2,5 mm
- Korngrößenkombination A nicht zulässig in Warmbecken mit einer Wassertemperatur von über 35° C, Whirlpools, Solebecken und Therapiebecken
- Korngrößenkombination A ist effizienter durch die größere Oberfläche und „engeren Kanäle „ der Tiefenfiltration, allerdings mikrobiologisch sensibler und schwer zum Spülen.

# Filter - Mehrschichtfilter

- Filterschicht mit Anthrazit („Hydroanthrazit N“): Die im Vergleich zu Quarzsand neutrale bis positiv geladene Oberfläche führt zu einer zusätzlichen Entfernung von organischer Substanz und damit Entfernung von Precursoren zur Bildung von Desinfektionsnebenprodukten.
- Filterschicht mit Braunkohlenkoks („Hydroanthrazit H“): Stark adsorbierende Oberfläche mit reaktiv-katalytischen Seitenketten. Gebundenes Chlor und THM werden teilweise adsorbiert, teilweise reduziert.
- Braunkohlenkoks sind wesentlich sensibler auf Biofilmbildung als Anthrazit. Anthrazit lässt sich besser Rückspülen.

# Filter - Mehrschichtfilter

- Filterschichthöhe: 2 x mindestens je 40 cm.
- Filtergeschwindigkeit: maximal 40 m/h, maximal 25 m/h bei Warmbecken mit einer Wassertemperatur von über 35° C, Whirlpools, Solebecken und Therapiebecken
- Rückspülgeschwindigkeit: 60 m/h bei Luftspülung, bei Wasserspülung so hoch wie möglich ohne Austrag.



# pH-Korrekturmittel

- Halten den pH-Wert in dem engen Bereich, in dem Desinfektionsmittel und Flockungsmittel wirksam sind
- Säuren („pH-“): Salzsäure, Schwefelsäure, Natriumhydrogensulfat, Kohlensäure
- Laugen („pH+“): Natriumhydroxid (Natronlauge), Natriumcarbonat (Soda), halbgebrannter Dolomit, Calciumcarbonat (inkl. Marmor)

# Flockung

- Flockungsmittel sind Stoffe, die im Wasser eigentlich unlöslich sind. Wenn sie in das Badewasser eingebracht werden, werden sie unter Ausbildung von Polyionen fest.
- Mit diesem Polyionen werden viele organische (und auch anorganische) Stoffe mit ausgeflockt.
- Die gebildeten Flocken werden im Tiefenfilter zurückgehalten.

# Flockungsmittel

- Aluminiumsulfat,
- Aluminiumchloridhexahydrat,
- Aluminiumhydroxichlorid,
- Aluminiumhydroxichloridsulfat,
- Natriumaluminat,
- Kieselsäure-Aluminat,
- Eisen-III-Sulfat und
- Eisen-III-Chlorid.

# Flockungsprobleme

- Flockt nicht oder verspätet („im Becken“) aus. Im Filtrat ist das Flockungsmittel nachzuweisen. Mögliche Ursachen:
  - pH-Wert passt nicht (bei der Flockung wird zusätzlich der pH-Wert – ins Saure – verschoben)
  - Komplexierung: Mehrbasige Carbonsäuren bilden z.B. mit Aluminium stabile Komplexe
  - Kolloidale Flockung: Fällt zwar aus, bleibt aber kolloidal in Lösung
- Flockt aus, wirkt aber nicht. Im Filtrat ist kein Flockungsmittel nachgewiesen. Es werden aber keine richtigen Flocken gebildet: Die Bildung von Polyionen ist an verschiedene Vorgaben gebunden. Flockungsmittel können auch kristallin oder Mikrokristallin ausfallen. Dabei werden keine organischen Stoffe mitgerissen.

# Säurekapazität – „Aufhärtung“

- Viele Faktoren beeinflussen den pH-Wert im Schwimmbad
  - Desinfektionsmittel
  - pH-Korrekturmittel
  - Flockungsmittel
  - Autoreaktionen des Desinfektionsmittel
  - Abbaureaktionen des Desinfektionsmittels
- Ausreichend Säurekapazität (=„Carbonatpuffer“) verhindert eine zu starke Änderung des pH-Wertes.

# Säurekapazität – „Aufhärtung“

- Natriumcarbonat (Soda): Billig, wirkt gleichzeitig als „pH-Heber“ (= „pH+“)
- Natriumhydrogencarbonat („Speisesoda“): effizientester Zusatzstoff (Gewicht /Carbonat).
- halbgebrannter Dolomit: schwer löslich, in Pulverform kompliziertes Handling
- Calciumcarbonat: schwer löslich, in Pulverform kompliziertes Handling
  - Sonderform: Marmorkies für saure Wässer

# Desinfektionsmittel für Wasser in Badebecken oder -wannen

- Als Desinfektionsmittel im Badewasser ist ausschließlich Hypochlorit zugelassen
  - z.B. in Form von Chlorbleichlauge, Calciumhypochlorit, Dichlorisocyanurat, Trichlorisocyanursäure
- Ozon kann als Oxidationsmittel eingesetzt werden, muss aber vor dem Badevorgang entfernt werden.
- Bromverbindungen gelten als toxisch und dürfen daher nicht eingesetzt werden.
- QUATS, org. Amine, Biguanide etc. dürfen nicht eingesetzt werden (langsamere Reaktion, reduziertes Wirkungsspektrum).
- Wasserstoffperoxid und andere Peroxide dürfen nicht eingesetzt werden (unsichere Bestimmung der Wirkkonzentration, ungeklärte Toxizität).

# Desinfektion in Mehrpersonen-Becken

- Basisanforderung: Innerhalb von 30 Sekunden muss *P. aeruginosa* um den Faktor  $10^4$  reduziert werden.
- Dies wird bei einem pH-Wert zwischen 6,5 und 7,4 und einer Chloridkonzentration  $<2000$  mg/l (daher Einschränkung für „Salzwasserbecken“) von Hypochlorit (gemessen als „freies Chlor“) in einer Konzentration von  $>0,3$  mg/l erfüllt.
- Wenn das Badewasser diese Anforderung nicht erfüllt, ist die erforderliche Desinfektionsmittelkonzentration gesondert zu bestimmen.
- Reduzierende Wässer müssen vor dem Einsatz in Badebecken aufbereitet werden (Enteisenung, Entmanganung, Entschwefelung, ...)
- Bei pH-Werten über 8,7 steigt die oxidierende Wirkung von Hypochlorit, die mikrobiozide Wirkung verschwindet.



# Exkurs: Solebecken

- Salzwasserbecken sind Becken mit mehr als 1g NaCl/l (entspricht ca. > 610 mg/l Chlorid)
- Zulässig bis 4% (=40 g/l; entspricht 24,3 g/l Chlorid)
- Meerwasser ca. 3,5%
- Probleme
  - Nebenreaktionen (THM-Bildung)
  - Flockungsprobleme (gebundenes Chlor)
  - Reduzierte Desinfektionswirkung durch Hypochlorit

# Aufbereitung mit Ozon

- Entweder im „Vollstrom“ oder im „Teilstrom“
  - Teilstrom ist billiger, dafür keine „Vorteile“ in Bezug auf Wasseraufbereitung
- Bei Ozon sind in Hallenbecken höhere Chloridkonzentrationen und um 20% niedrigere Umwälzleistungen zulässig.
- Ozon entfernt organische Substanzen aus dem System durch Oxidation. Die Wasseraufbereitung ist deutlich effizienter. Das aufbereitete Wasser ist „reiner“.
- In Österreich ist die Aufbereitung mit Ozon immer nur ZUSÄTZLICH zur Aufbereitung „Flockung“ – „Filtration“ und wird immer NACH der Filtration eingesetzt.
- Es entstehen zusätzliche Desinfektionsnebenprodukte wie z.B. Chlorat

# Parasiten im Badewasser

- Heikles – meist totgeschwiegenes – Thema
- Cryptosporidien, Giardien, Nematoden(eier)
- Sind gegenüber Chlor praktisch unempfindlich (eingeschränkte Wirksamkeit ab  $>20\text{mg/l}$ ).
- Eintrag durch Badegäste und eventuell Tiere.
- Entfernung durch Ausspülen, Flottieren und (gute) Filtration
  - Haften gerne am Beckenrand an!

# Überlegungen zum Ausspülen aus dem Beckenwasser

- Aufgrund der internen Durchmischung wird in einer Umwälzperiode nicht alles Wasser (bzw. Fremdstoffe im Wasser) ausgespült

Umwälzperiode	Anteil Frischwasser
1	63%
2	88%
3	96%
4	99%
5	99,6%
6	99,9%

# Durchmischung im Beckenwasser

