

## Wasseraufbereitung

Verschiedene Lösungen der Wasseraufbereitung im Stadionbad Bremen:

### Badeteichanlage nach FLL neben dem „klassischen“ Beckenbad nach DIN

Dipl.-Ing. Stefan Bruns\*

Das neue Stadionbad Bremen zeigt durch die Kombination von Beckenbad nach DIN und Badeteichanlage einen neuen Weg auf. Die Herausforderung für die Planer lag in der Einhaltung des engen finanziellen Rahmens bei gleichzeitig hohen Anforderungen durch ein offenes Bürgerbeteiligungsverfahren. Darüber hinaus ist das Stadionbad gleichzeitig die erste Badeteichanlage mitten im Ballungsgebiet einer Großstadt und unterliegt somit entsprechend hohen Belastungen durch die starke Nutzerfrequenz (siehe zur Konzeption und zum Bürgerbeteiligungsverfahren den Artikel von Michael Brockmann in dieser Ausgabe ab Seite 267).

#### Das Stadionbad Bremen

##### Das Votum eines Stadtteils

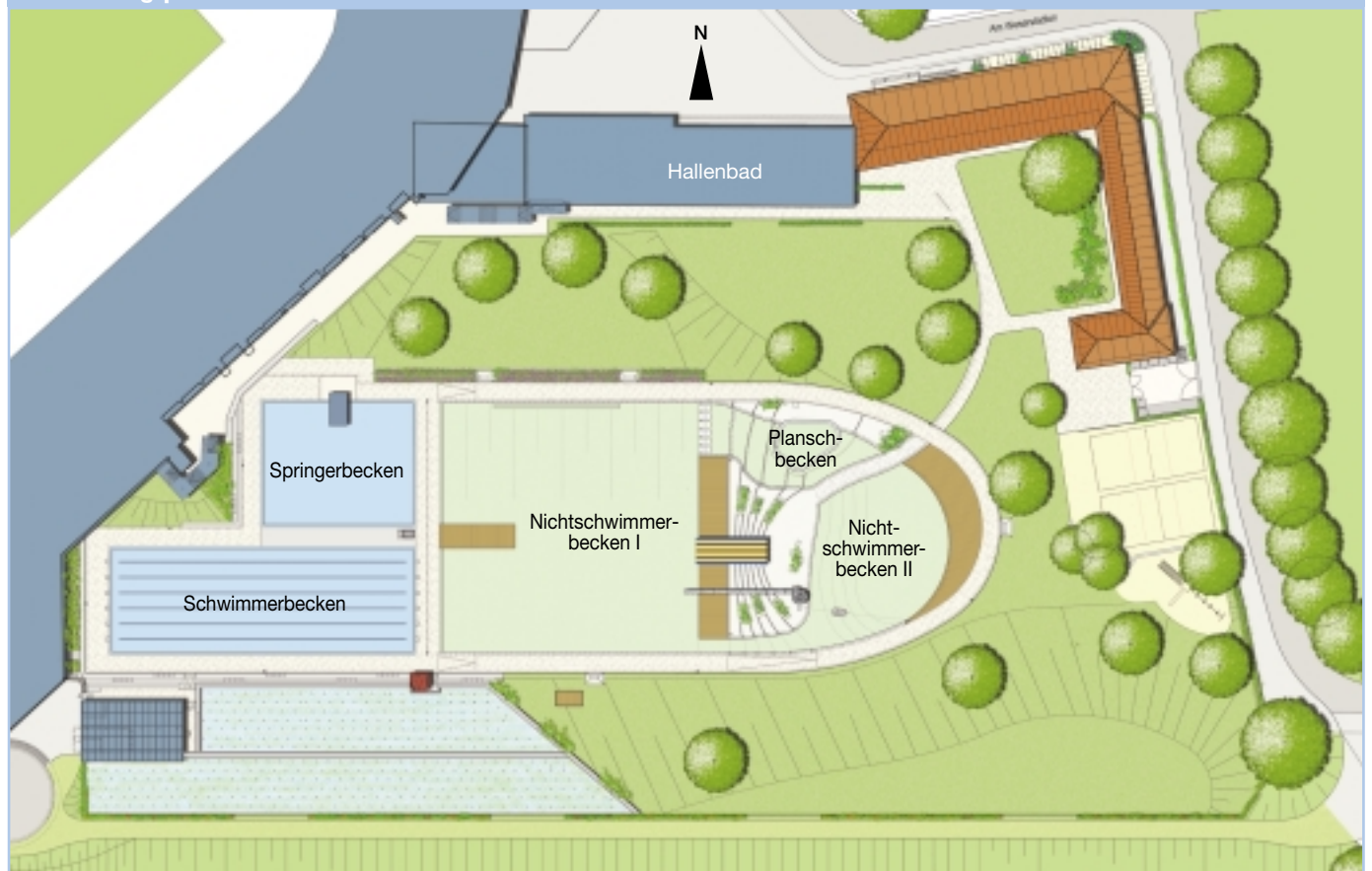
Auf Grundlage eines politisch beschlossenen Bürgerbeteiligungsverfahrens wurde nach ca. einjähriger Vorarbeit der beteiligten Gruppen aus Schülern, Schwimmsportlern, Dauerschwimmern, Vereinen etc. im Rahmen des öffentlichen Beteiligungsprozesses am 12. November 2004 mit breiter Mehrheit beschlossen, dass das Stadionbad in Bremen zu einem „Kombibad“ umgeplant werden soll. Kombi-

\* Polyplan GmbH, Ingenieurbüro für Energie- und Umwelttechnik, Bremen



Das Stadionbad Bremen; alle Fotos: Polyplan, Bremen

#### Ausführungsplan



Quelle: Kreikenbaum + Heinemann Planergruppe, Bremen

bad bedeutet in diesem Zusammenhang eine Kombination aus desinfiziertem Beckenbad nach DIN 19 643 (Schwimmer- und Springerbecken) und einem Bad mit mikrobiologischer Wasseraufbereitung nach Umweltbundesamt-(UBA)-Empfehlung<sup>1)</sup> bzw. nach den Empfehlungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL)<sup>2)</sup> (zwei Nichtschwimmer- und ein Planschbecken).

## Das Planungskonzept

### Freiraumplanung

Die Freiraumplanung in Kürze:

- Einbindung in die Topografie des Weserufer und der Deichlandschaft,
- Nutzung der vorhandenen Topografie: Terrassierung der Neptunfilter und des Randes zum Weserstadion mittels Gabionenwänden, großzügige Liegeterrassen auf den einzelnen Terrassenstufen, Inszenierung der Topografie durch Wasserterrassen in unterschiedlichen Höhen,
- neben den üblichen Liegewiesen eine Vielzahl von unterschiedlichen Aufenthaltsbereichen: Holzstege, steinerne Terrassen, Sitz- und Liegetribünen,
- hochwertige Natursteinmaterialien zur Beckeneinfassung,
- großzügige Bereiche für Barfuß-Sportarten.

Planungsziel war auch, einen Rahmen für vielfältige Nutzungsmöglichkeiten über einen reinen, sehr stark saison- und wetterabhängigen Bäderbetrieb hinaus zu schaffen: Raum für Musik- und Sportveranstaltungen, Events und Kunstaktionen.

## Bädertechnik

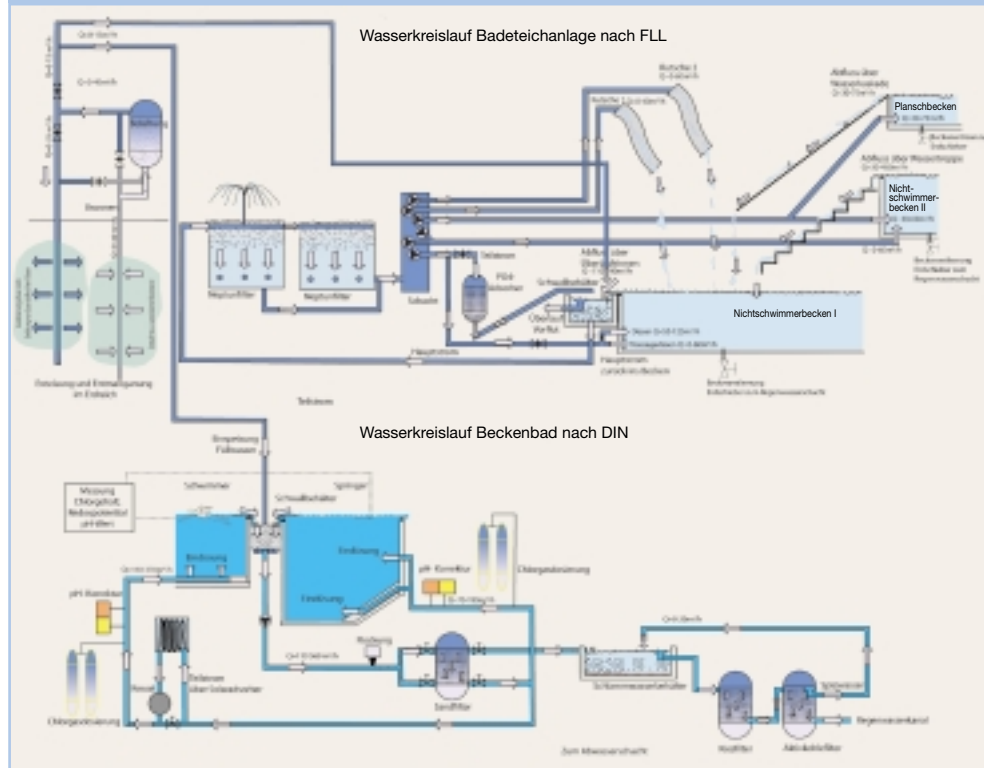
### Badeteichanlage nach FLL

Im Folgenden wird der Beschreibung der Badeteichanlage mehr Platz gewidmet als der Beschreibung des Beckenbades nach DIN 19 643 (siehe Abbildung 1).

### Wasserreinigung

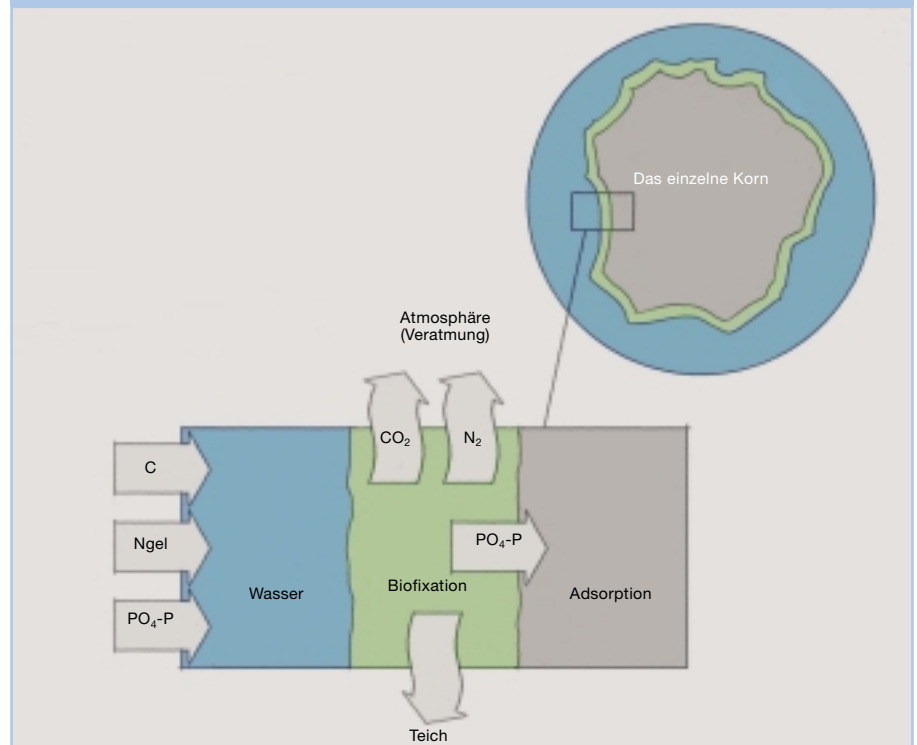
Das Wasser aus den Überlaufrinnen wird im Schwallbehälter gesammelt und von dort über

Abbildung 1: Fließschema Wasseraufbereitung



Quelle aller Abbildungen (ohne weitere Angaben): Polyplan, Bremen

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Stoffbilanz am Korn des Bodenfilters

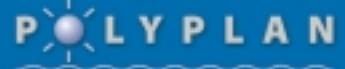


### Referenzen

- Stadionsbad Bremen, 2006 (HB)
- Naturfreibad Wietze, 2006 (NW)
- Freibad Bardowick, 2004
- Freibad Bassum, 2005
- Huntsbad Oldenburg 2006
- Naturfreibad Kirchdorf, 2001 (NI)
- Trossa, Trossingen, 2005
- Naturfreibad Hüttingen, 2006 (BW)
- Naturfreibad Ebrach, 2005 (BY)



Polyplan Bäderplanung  
Erfrischend anders – mit Kompetenz  
und Phantasie





*Verteilerdüsen verregnen das Wasser auf dem Filter (Typ Neptun)*

drei separate Beschickungspumpen auf zwei Bodenfilter verteilt. Als Bodenfiltersystem wurde hier ein offenporiger Substrataufbau gewählt (siehe Abbildung 2).

Das Wasser wird über Verteilerdüsen auf dem Filter verregnet und rinnt durch das Substrat bis zur Filtersohle. Partikel haften

während der Passage an dem feuchten Biofilm, der die Substratoberfläche bedeckt, und werden hier von der Mikrobiologie abgebaut. Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) werden veratmet, während Phosphat ( $\text{PO}_4$ ) zum Zellaufbau der Mikroorganismen eingelagert wird. Die Mikroorganismen reichern durch ihren eigenen Wachstumsvorgang die  $\text{PO}_4$ -P-Konzentration ( $\text{PO}_4$ , ausgewiesen als P/Phosphor) an der Substratkorngrenze gegenüber der Freiwasserkonzentration um den Faktor 100 bis 200 an. Bei diesen nun hohen Konzentrationen können Phosphatbindeprouesse wirken, die die Phosphate chemisch am Korn fixieren. Dieser Sachverhalt ist in der Abbildung 3 dargestellt.

Die Phosphatkonzentration spielt eine zentrale Rolle in der Wachstumslimitierung der Biomasse im Freiwasser und an den Oberflächen und somit in der Wassertrübung und der Wartungsintensität der Beckenreinigung.

Gleichzeitig findet in dieser Passage eine Keimelimination in Abhängigkeit von der hydraulischen Belastung statt (siehe Tabelle 1).

Die Endprodukte sind weitestgehend mineralisiert und werden eingelagert. Die gewähl-

ten Substrate bestehen aus einem jungen Kalkgestein (geologische Bezeichnung: Oolith) mit hoher Anionenaustauschkapazität und einem guten Säurepuffervermögen. Abbildung 3 zeigt die Phosphatbeladbarkeit in  $\mu\text{g PO}_4/\text{g}$  Filtergranulat des eingesetzten Materials. Die Analysen werden im Rahmen der Materialprüfung vor dem Materialeinsatz durchgeführt.

An der Filtersohle des Bodenfiltersystems wird das Wasser gesammelt und fließt dem unterirdischen Reinwasserschacht zu, von wo aus es über Tauchmotorpumpen zurück in die Becken gefördert wird.

#### *Auslegung*

Die Auslegung von Schwimm- und Badeteichanlagen erfolgt gemäß FLL-Richtlinie, die wiederum auf dem Verdünnungsansatz beruht. Nach dieser Empfehlung müssen  $10 \text{ m}^3$  Wasser pro Badegast (Nennbesucher) bereitgestellt werden. Ergo: Die Summe aus Beckenvolumen, Volumenstrom Reinwasser [ $\text{m}^3/\text{d}$ ] und Volumenstrom Füllwasser [ $\text{m}^3/\text{d}$ ] geteilt durch  $10 \text{ m}^3$  pro Badegast ergibt die rechnerische Nennbesucherzahl.

In Anlehnung an die vorgenannte Vorgabe der FLL-Richtlinie erfolgt die Auslegung mit der numerischen Echtzeitsimulation Aquasim<sup>®</sup>. Zugrunde gelegt werden die meteorologischen Ortsdaten, die Beckenmorphometrie, die Besucherzahlen, die zur Verfügung stehenden Füllwasserqualitäten und die stoffspezifischen Reinigungsleistungen der gewählten Reinigungsanlagen. Darauf aufbauend wird der Verlauf der *stündlichen Nährstoffbilanz* und daraus die internen Stoffumsatzraten bis hin zur Phytoplankton-Entwicklung und hierüber schließlich die *Wassertrübung* und die *Wasserhygiene* berechnet.

Wie in der realen Anlage wird auch im Modell die Leistung der Anlagen in Abhängigkeit von der Wassertrübung geregelt (siehe Tabelle 2).



Schwallwasserbehälter

### Beckendurchströmung

Das Nichtschwimmerbecken II weist keine Überlaufrinne auf. Hier werden je nach Betriebspunkt 130 - 500 m<sup>3</sup>/h über zwei Wanddüsen und drei Bodendüsen eingespeist. Das Wasser fließt dann über die Wassertreppe (siehe Foto auf der folgenden Seite) in das Nichtschwimmerbecken I ab.

Das Nichtschwimmerbecken I besitzt an der Seite zum Springer- und Schwimmerbecken eine durchlaufende Überlaufrinne, die sich auch um den Schwallwasserbehälter herumzieht. Neben der Wassertreppe aus dem Nichtschwimmerbecken II sind acht horizontal einströmende Düsen angeordnet.

Die Hydrodynamik wurde im Vorfeld numerisch berechnet und nach Fertigstellung mittels Tracerversuch\* bestätigt.

\* Nachweis der Beckendurchströmung

Abbildung 3: Adsorptionsnachweis des Filterkorns (Oolith)

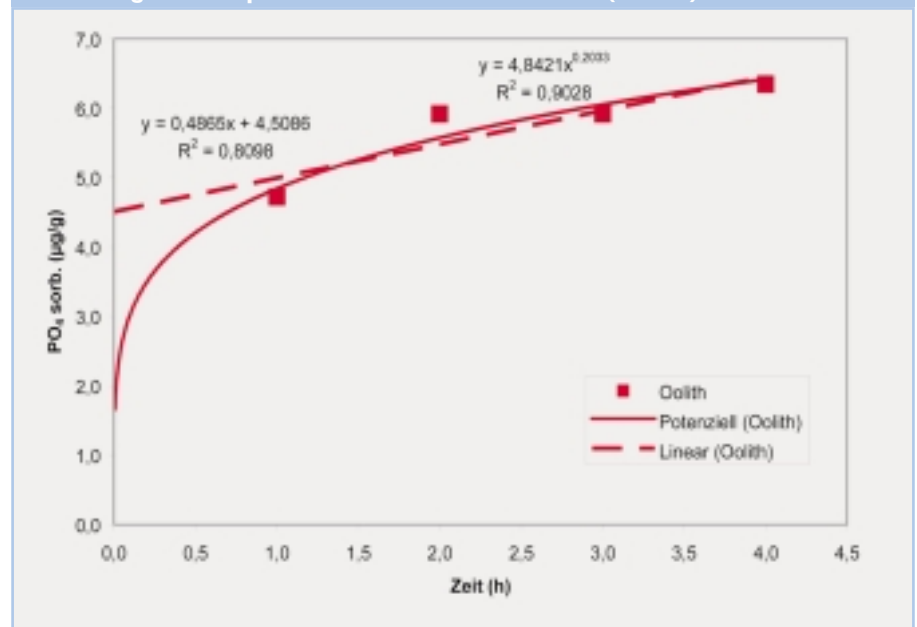


Tabelle 1: Keimelimination in Abhängigkeit von der hydraulischen Beschickung

hydraulische Beschickung [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> 24 h)]	zugegebene E.coli-Konzentration	Datum	Temperatur [°C]	Filterhöhe [m]	Zulauf E.coli	Ablauf E.coli	Eliminationsleistung E.coli [%]
12	100	04.04.2006	21	1,7	152,75	2,55	98,3
12	220	04.04.2006	21	1,7	213,5	2,55	98,8
6	100	05.04.2006	21	1,7	200,5	0	100,0
6	180	05.04.2006	21	1,7	377,7	0	100,0
6	260	05.04.2006	21	1,7	504,3	0	100,0
12	300	06.04.2006	21	1,7	242	1	99,6
12	500	06.04.2006	21	1,7	1013,3	2,05	99,8
12	1000	18.04.2006	21	1,7	1859,6	0	100,0
12	2000	18.04.2006	21	1,7	2419,6	2,05	99,9
12	1000	19.04.2006	26	1,7	565,15	0	100,0
12	2000	19.04.2006	26	1,7	1643	1,5	99,9

Die Auslegung nach FLL wurde um 20 % unterschritten. Der maximale Volumenstrom von 926 m<sup>3</sup>/h, dem rechnerisch die in Ta-

belle 3 dargestellte Leistung von 22 240 m<sup>3</sup> pro Tag entspricht, wurde für die Auslegung des Stadionbades aufgrund der zurücklie-

genden Erfahrungen mit intensiv betriebenen Schwimm- und Badeteichanlagen auf 80 % reduziert. Es ergibt sich somit ein maximaler Volumenstrom von 741 m<sup>3</sup>/h (siehe Abbildung 4).



Bodenfilterbeschickung

## Beckenbad nach DIN

### Wasserreinigung

Die Aufbereitung des Schwimm- und Badebeckenwassers der zwei Becken (Schwimmer- und Springerbecken) wird zur Einhaltung des hygienischen Standards nach dem Verfahren Flockung – Filtration mit Aktivkohle – Chlorung durchgeführt.

Das Überlaufwasser wird im gemeinsamen Schwallwasserbehälter unterirdisch zwischen Springer- und Schwimmerbecken gesammelt und über erdverlegte Druckleitungen zum Technikhaus gepumpt. Das Reinwasser wird den einzelnen Becken – volumenstromanteilig – wieder zugeführt. Mittels einer Solaranlage kann die Beckenwassertemperatur des Schwimmerbeckens angehoben werden. Durch den gemeinsamen Schwallwasserbehälter findet auch eine Temperaturerhöhung im Springerbecken statt.

Eine Nachheizung über einen Kessel aus dem nahe gelegenen Vereinshallenbad ist möglich, so dass der Schwimm- und Sportverein bei Schwimmwettbewerben die Beckenheizung über seine eigene Kesselanlage realisieren kann.

Die Überwachung der Wasserqualität wird durch Messung der Parameter „freies Chlor“, „Redox-Spannung“ und „pH-Wert“ sichergestellt.

Das durch die Rückspülung der Filter anfallende Schlammwasser wird in einem Schlammwasserbehälter gesammelt, in dem eine Sedimentation zur Abscheidung der Feststoffe stattfindet. Die anschließende Entchlorung des Überstauwassers geschieht durch Filtration mittels Aktivkohle. Das so behandelte Wasser wird in einen Vorfluter eingeleitet.

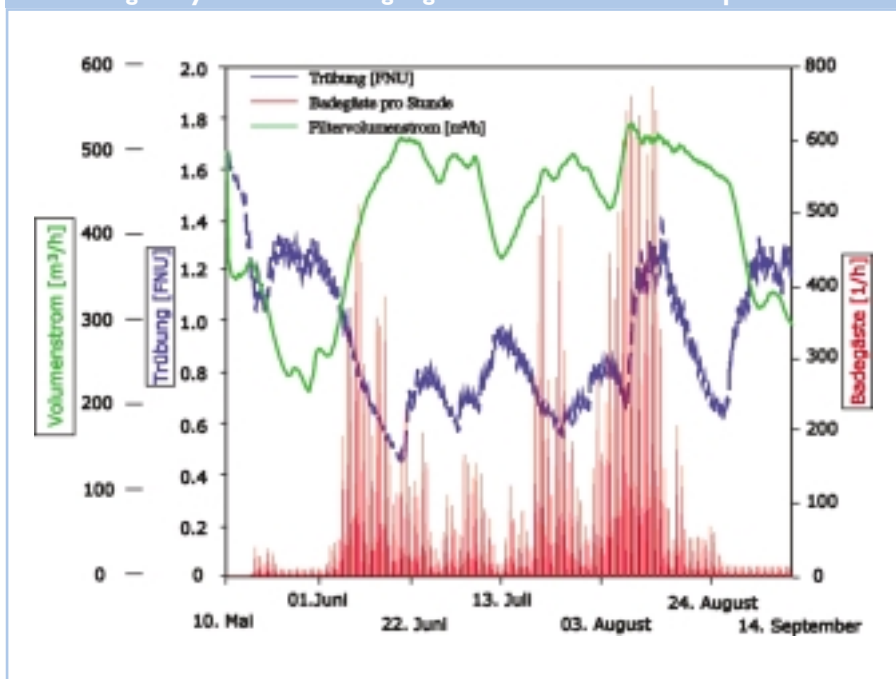
Im Technikhaus sind zur Schwimmbadwasseraufbereitung drei der ursprünglich vorhandenen sechs Filter aufgestellt. Die Spülung wird weiterhin im Handbetrieb durchgeführt. Zur Minimierung von Schwallwasser- und Schlammwasserbehältern werden die Filter nacheinander gespült.

Die Anlage wurde in modifizierter Einkreistechnik ausgeführt, d. h. dass die Überlaufwannen der zwei Becken in einen Schwallwasserbehälter münden und von dort das

Tabelle 2: Regelparameter

Aktion	Systemantworten
Trübungszunahme über fünf Tage	Anlagen regeln nur noch bis zum optimalen Betriebspunkt für die Pges-P-Entnahme hinunter
Trübungszunahme im Minutenzeitschritt	Anlagen regeln sofort auf den temperaturabhängig maximalen Betriebspunkt zur Erzielung der maximalen Entkeimungsleistung

Abbildung 4: Dynamische Auslegung des Stadionbades mit Aquisim





Wassertreppe zwischen Nichtschwimmerbecken II und Nichtschwimmerbecken I

Rohwasser zum Technikhaus gepumpt wird. Das Reinwasser wird auf zwei Kreise – mit jeweiliger Dosiertechnik – aufgeteilt, die zu den einzelnen Becken führen.

Die notwendigen Anlagenkomponenten zur Chlorung und pH-Wert-Stabilisierung befinden sich ebenfalls im Technikgebäude. Im Pumpenhaus sind die zugehörigen Pumpen einschließlich des Zubehörs sowie die Anlagenkomponenten zur Flockung untergebracht.

Die Auslegung der Schwallwasserbehälter und der Dosier-technik erfolgte nach DIN 19 643.

**Tabelle 3: Statische Auslegung des Stadionbades gemäß FLL**

<b>Bodenfilter</b>	
Fläche	1390,00 m <sup>2</sup>
Filter Höhe	1,80 m
Volumen	2502,00 m <sup>3</sup>
Beschickungshöhe (Standard)	3,00 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x Tag
Beschickungshöhe (max.)	16,00 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x Tag
Reinigungsvolumenstrom (Standard)	4170,00 m <sup>3</sup> /Tag
Reinigungsvolumenstrom (max.)	22 240,00 m <sup>3</sup> /Tag
Berechnungsvolumenstrom	22 240,00 m <sup>3</sup> /Tag
<b>Brunnenwasser</b>	
Volumen (max.)	500,00 m <sup>3</sup> /Tag
<b>Beckenvolumen</b>	
Fläche	2 540,00 m <sup>2</sup>
Volumen	2 697,50 m <sup>3</sup>
<b>Gesamtbilanz</b>	
Berechnungsvolumenstrom (max.)	26 438,30 m <sup>3</sup> /Tag
Reinigungsvolumenstrom (max.)	22 240,00 m <sup>3</sup> /Tag
Besucherzahl (max.)	2 644 Personen/Tag

**Tabelle 4: Auslegung des Beckenbades nach DIN**

<b>Schwimmer</b>	
Fläche	839,00 m <sup>2</sup>
mittlere Tiefe	2,00 m
Volumen	1678,00 m <sup>3</sup>
Filteranzahl	1,60 Stk.
Filterfläche	4,90 m <sup>2</sup>
Beschickungshöhe (min.)	14,00 m/h
Beschickungshöhe (max.)	47,00 m/h
Reinigungsvolumenstrom (min.)	109,76 m <sup>3</sup> /h
<b>Reinigungsvolumenstrom (max., DIN)</b>	<b>368,48 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Springer</b>	
Fläche	504,00 m <sup>2</sup>
mittlere Tiefe	4,80 m
Volumen	2419,00 m <sup>3</sup>
Filteranzahl	1,00 Stk.
Filterfläche	4,90 m <sup>2</sup>
Beschickungshöhe (min.)	14,00 m/h
Beschickungshöhe (max.)	39,00 m/h
Reinigungsvolumenstrom (min.)	68,60 m <sup>3</sup> /h
<b>Reinigungsvolumenstrom (max., DIN)</b>	<b>191,10 m<sup>3</sup>/h</b>

Abweichend von der DIN 19 643 wurde die Anlage mit einem Nennvolumenstrom von 190 m<sup>3</sup>/h entsprechend 2 m<sup>3</sup>/Badegast ausgelegt. Bei 1330 Badegästen/Tag entspricht das einem resultierenden Volumenstrom von 2660 m<sup>3</sup>/Tag und dementsprechend 190 m<sup>3</sup>/h, wenn man – wie hier – eine Reinigungszeit von 14 h/Tag ansetzt. Weitere Daten sind in Tabelle 4 dargestellt. Diese Vorgehensweise wurde zur Betriebskostenoptimierung angestrebt.

### Beckendurchströmung

Im Schwimmerbecken wurde die Sohle erhöht, wodurch Platz für die Beschickungsleitungen für die vertikale Einströmung entstand. Das Springerbecken konnte aus bautechnischen Gründen nicht DIN-gerecht mit Einstrahldüsen versehen werden.

Hier wurde – wie in den Nichtschwimmer- und dem Planschbecken – die Hydrodynamik im Vorfeld numerisch berechnet.

### Anmerkungen

- 1) Hygienische Anforderungen an Kleinbadeteiche; Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung – Gesundheitstechnik 2003, 46527-529 DOI 10.1007/s00103-003-0627-0
- 2) Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (Hg.): Empfehlungen für Planung, Bau und Instandhaltung von öffentlichen Schwimm- und Badeteichanlagen, Bonn Oktober 2003.
- 3) Arbeitstitel Aquasim: Numerische Echtzeitberechnung wesentlicher Stoff- und Hygieneparameter zur dynamischen Auslegung des aquatischen Systems, Arbeitsgemeinschaft Badeseen und Schwimmteiche (ABS)