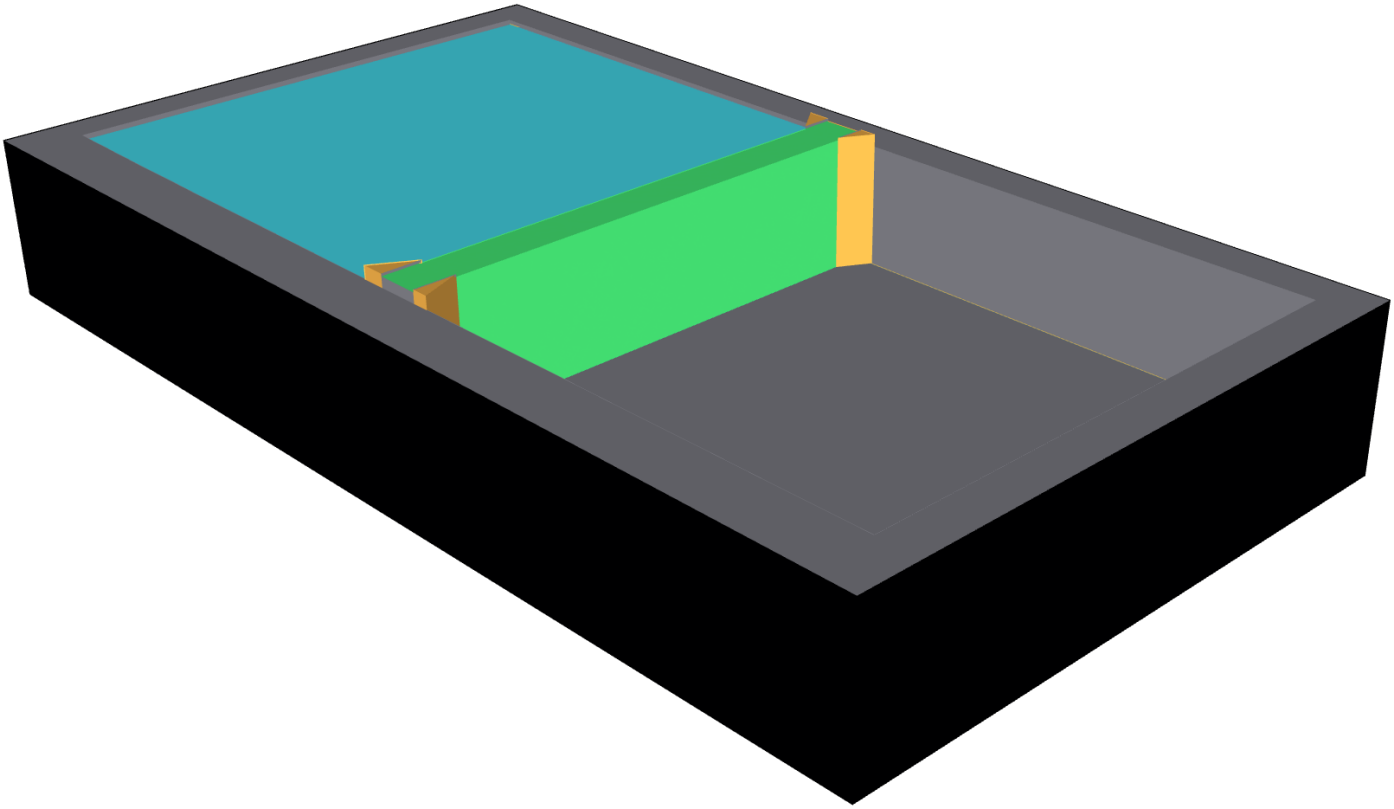
Fifty Fifty - Wasser sparen



Joshua Gritzner
Elias Günthner
Nico Prinz

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung **3**

2. Einleitung: Problemerkenntnis **3**

2.1. Persönliche Erfahrung 3

2.2. Statistik und Daten 4

2.3. Expertenmeinungen 4

3. Lösungsansätze: Die Idee **5**

3.1. Anforderungen an die Lösung 5

3.2. Konkrete Lösungsvorschläge 6

4. Die Umsetzung **8**

5. Offene Fragen / Ausblick **13**

1. Kurzfassung

Unser Ziel ist es, den Betrieb von Schwimmbädern sowohl ökologisch als auch ökonomisch zu optimieren. Dies erreichen wir, indem wir mithilfe unterschiedlicher Modelle, die von der Bauart und Beschaffenheit des Schwimmbads abhängig sind, Wassereinsparungen bei notwendigen Renovierungs- bzw. Reinigungsmaßnahmen (die sogenannte „Revision“) erreichen können.

2. Einleitung: Problemerkenntnis

2.1. Persönliche Erfahrung

Im Zusammenhang mit „Fridays for Future“ hört man immer wieder den gleichen Vorwurf gegenüber den Demonstrierenden: „Geht lieber mal zur Schule, und erfindet mal was. Es bringt nichts, immer einfach nur demonstrieren zu gehen, ohne selber etwas lösungsorientiertes beizutragen um Klimaschutz aktiv zu betreiben!“

Dies haben wir uns zu Herzen genommen, da wir gerade auf der Suche nach einem neuen Projekt für „Jugend forscht“ waren. Wir gingen zu diesem Zeitpunkt im Rahmen des Sportunterrichts wöchentlich schwimmen. Hierbei unterhielten wir uns mit dem Bademeister, der uns erklärte, dass das Schwimmbad bald aufgrund von Reinigung- und Renovierungsmaßnahmen wieder für einige Zeit geschlossen werden würde. Zu diesem Zwecke müssten alle Becken völlig entleert werden. Die dreiwöchige Schließungszeit wird dabei maßgeblich durch die notwendigen Wasserbewegungen (Leeren und Wiederbefüllen) bestimmt. Schlimmer noch: denn das Aufheizen des gigantischen Wasserkörpers (850 m^3!) dauert allein ca. 1 Woche. Uns war klar, dass man gegen diese Ressourcenverschwendung und den entstehenden Einnahmeausfall etwas finden müsste.
Im Folgenden beziehen wir uns der Einfachheit halber in unseren Ausführungen auf die Gegebenheiten unseres Schwimmbads (Eifelbad). Die Erkenntnisse sind dennoch auf jedes Bad mit einem Schwimmerbecken übertragbar.

2.2. Statistik und Daten

Fast alle öffentlichen Schwimmbäder arbeiten defizitär, also mit einem Verlust am Ende des Jahres. Deshalb werden sie von ihren jeweiligen Kommunen unterstützt, um überhaupt weiter bestehen zu können (Korte, 2017).[1] Doch häufig werden die Schwimmbäder untragbar und müssen schließen. Dieses Schicksal erlitten seit dem Jahr 2000 fast 1400 Institutionen (das Erste, 2019).[2] Aktuell sind noch rund 6500 Bäder bundesweit vorhanden. Es schließen jährlich etwa 80 weitere (DLRG, 2019).[3]

Aufgrund dessen können nur 40% der Grundschulkinder einen Schwimmunterricht im schulischen Rahmen des Sportunterrichts besuchen. Am Ende der 1980er-Jahre waren es noch mehr als 90% (Bayerischer Rundfunk, 2019).[4] Dieser Prozentsatz ist angesichts 537 ertrunkener Menschen im Jahr 2017 in Deutschland erschreckend (Korte, 2017).[5] Die DLRG hat wegen dieser Problematik in der Hoffnung, die Kommunen würden mehr Geld erhalten, eine Petition gestartet, welche 120.000 Unterstützer gefunden hat (DLRG, 2017).[6]

2.3. Expertenmeinungen

Jedes Jahr findet in einem regulären öffentlichen Schwimmbad mindestens eine sogenannte Revision statt. Das heißt, dass alle Becken völlig entleert werden, damit man hier notwendige Erneuerungen und Pflege betreiben kann. Sie ist aber auch wichtig, um die Hygiene des Schwimmbads zu gewährleisten und alles gut reinigen und auf Sicherheit überprüfen zu können.

Der Prozess des Wasserablassens dauert mehrere Tage. Das ist nicht nur durch die schiere Menge an Wasser begründet. Besonders etwas ältere Schwimmbäder haben poröse Anbindungen an die Abwasserkanäle und können deshalb das Wasser nur mit niedrigem Druck ablassen (ehemals ein Rohr mit einem Durchmesser von 70mm). Jedoch müssen Schwimmbäder auch aufpassen, die Kläranlagen nicht mit einer zu großen Wasserzufuhr

---

[1] Quelle: https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2017/kw25-de-aktuelle-stunde-kinder-schwimmen-511170

[2] Quelle: https://www.daserste.de/information/politik-weltgeschehen/morgenmagazin/videos/Bundespetitionsausschuss-beraet-ueber-Rettung-der-Schwimmbaeder100.html

[3] Quelle: https://www.dlrg.de/informieren/die-dlrg/presse/pressemitteilungen/archivmeldungen-im-detail/neuigkeit/1040/News/

[4] Quelle: https://www.br.de/nachrichten/wissen/immer-weniger-grundschulkinder-koennen-schwimmen,RSVEQQq

[5] Quelle: https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2017/kw25-de-aktuelle-stunde-kinder-schwimmen-511170

[6] Quelle: https://www.dlrg.de/informieren/die-dlrg/rettet-die-baeder

zu überfordern. Hier gelten strikte Absprachen zwischen Kläranlage und Schwimmbad, die bei solchen Anlässen ständig im Dialog stehen müssen. Die Dauer, in der das Schwimmbad geschlossen bleiben muss, kostet die Betreiber Einnahmen, die zu erheblichen Einbußen führen.

Nachdem alle nötigen Arbeiten an den Becken vorgenommen wurden, wird nun das Wasser wieder eingelassen. Das Einlassen neuen Wassers über C-Rohre der Feuerwehr geht meist etwas schneller voran (ca. 48h), da man keine Rücksicht auf Kläranlagen nehmen muss. Jedoch muss der Wasserdruck während des Einfließens erheblich gedrosselt werden, weil es ansonsten zu einem Druckverlust im Leitungsnetz kommen würde, der dazu führte, dass die Haushalte in der Umgebung kein fließendes Wasser mehr hätten. Hierzu sind ebenfalls Absprachen mit den städtischen Wasserwerkern erforderlich, die in einem Hochbehälter für das Befüllen der Becken im Eifelbad im Vorfeld 3000 m^3 Frischwasser (Trinkwasser!) bereitstellen müssen, um eben diese Netzstabilität zu gewährleisten.

Der zeitintensivste Teil des Befüllens ist das erneute Aufheizen des Wasserkörpers. Das Aufheizen kann erst beginnen, sobald ein Becken gefüllt ist. Das Leitungswasser kommt mit einer Temperatur von 8°C - 10°C an und muss nun auf 28°C - 32°C, je nach Art des Beckens (Schwimmer-, Nichtschwimmer-, Außenbecken) man es zu tun hat aufgeheizt werden. Die Gaskosten unseres örtlichen Schwimmbads belaufen sich bei normalem Betrieb auf etwa 20.000€ monatlich. Jedoch beziffert dies nur den Preis für die Warmhaltung des Wassers: die Aufheizungskosten liegen deutlich höher. Hier ist also auch eine deutliche Ersparnis abzusehen.

Durch das Ablassen und erneute Einlassen und Aufheizen des Wassers entstehen also große Kosten. Außerdem kann in dieser Zeit der normale Schwimmbadbetrieb nicht stattfinden und auch kein Eintritt von Besuchern eingenommen werden.

3. Lösungsansätze: Die Idee

3.1. Anforderungen an die Lösung

Dieser Probleme haben wir uns angenommen. Für uns muss eine gute Lösung also alle oben genannten Aspekte bedenken und besser als das bisherige System sein.

Das heißt unsere Lösung muss zunächst genauso funktional sein, wie die herkömmliche Methode und eine ebenso gute Möglichkeit zur Reinigung und Reparatur gewährleisten.

Sie müsste aber auch den Wasserverbrauch bei der Revision verringern, was bei Heizkosten, Abwassersteuer und natürlich den Wasserkosten immense Ersparnisse ermöglichen würde. Die ökologische Bilanz des Schwimmbads würde sich stark verbessern und man könnte unter Umständen sogar öffentliche Gelder zur Unterstützung des Nachhaltigkeitskonzepts beantragen. In der Vergangenheit (und aktuell) erhielt das Eifelbad Gelder zur Optimierung der Lüftung (Luftaufbereiter).

Die Lösung muss ebenfalls einfach zu nutzen sein und sich nach ein paar Jahren finanziell gelohnt haben. Besonders wichtig ist uns außerdem, dass das System auch nachzurüsten ist, also bei bereits bestehenden Schwimmbädern angewendet werden könnte. Ganz oben auf der Agenda steht dabei immer eine gesteigerte Energieeffizienz. Und genau an diesem Punkt setzen auch wir an.

3.2. Konkrete Lösungsvorschläge

Unser Basiskonzept besteht aus einer portablen Trennwand, die in der Mitte des Volumens des Schwimmbeckens angebracht wird, um das Wasser in zwei exakt gleich große Abschnitte zu teilen. Nun lässt sich die eine Hälfte des Wassers ablassen, was dazu führt, dass man die erste Hälfte, in der jetzt kein Wasser steht, reinigen kann. Nachdem das erfolgt ist, wird das Wasser von der bisher noch gefüllten Seite auf die bereits gereinigte Seite herüber gepumpt, damit man dort nun den gleichen Prozess wiederholen kann. So würde nur halb so viel Wasser wie zuvor verloren gehen.

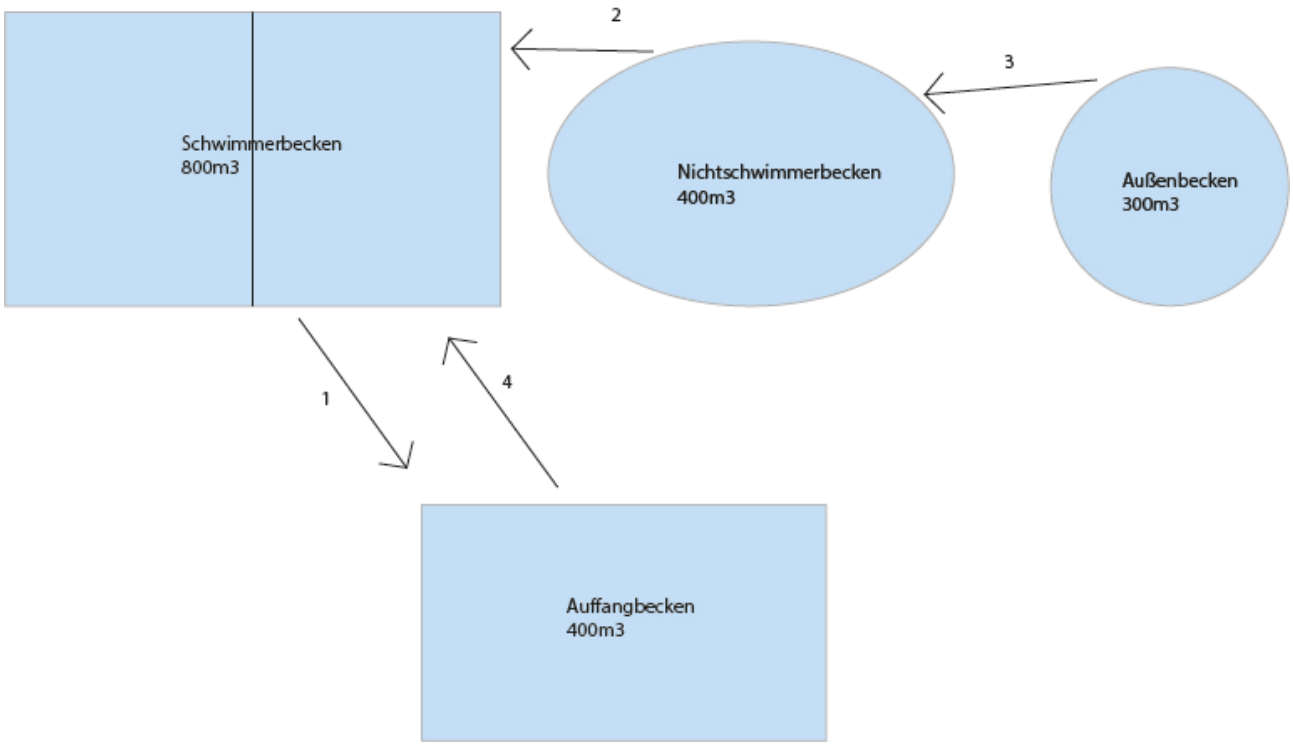
Bei einem Besuch im Eifelbad, bei dem wir die Gelegenheit hatten die Technik und den Keller, wo diese gelegen ist, zu besuchen, ist uns etwas aufgefallen. Der Keller war sehr groß und uns wurde erklärt, dass es dort nicht immer so leer gewesen sei, sondern, dass neueste Technik, die immer kleiner wird, dies ermöglichte. Dabei kam uns die Idee, dass man ja auch ein weiteres Becken im Keller installieren könnte, um das abgelassene Wasser dorthin abzulassen, damit es nicht verloren ginge. Etwas ähnliches ist bereits vorhanden, ein sogenanntes Schwallwasserbecken, welches dazu da ist, das durch Wasserverdrängung überschwappende Wasser aufzufangen und wieder in den Wasserkreislauf zu bringen.

Das Schwimmbad, das wir uns als Vorbild genommen haben, besitzt drei Becken.
Die Becken haben folgende Volumina:

- Schwimmerbecken 800 m^3
- Nichtschwimmerbecken 400 m^3
- Außenbecken 300 m^3

Das heißt, dass man mit einem zusätzlichen Becken das Wasser immer an eine gerade leere Stelle pumpen könnte uns ich so alle Becken ohne Wasserverlust reinigen ließen, was eine Ersparnis von 1500 m^3 jährlich ermöglichen würde.

Reinigungszyklus der Becken



Dies bedeutet bei dem aktuellen Wasserpreis von ca. 1,40 € pro m³ Frischwasser, den das Schwimmbad bezahlen muss, eine Ersparnis von ungefähr 2.100 €. Hinzu kommt die gesparte Abwassergebühr, die sich bei einem Preis von rund 4,10 € pro m³ auf 6.150 € beläuft.

4. Die Umsetzung

Nachdem wir also unser Konzept fertiggestellt hatten, fingen wir an uns mit dem genauen Aufbau der Wand zu beschäftigen.

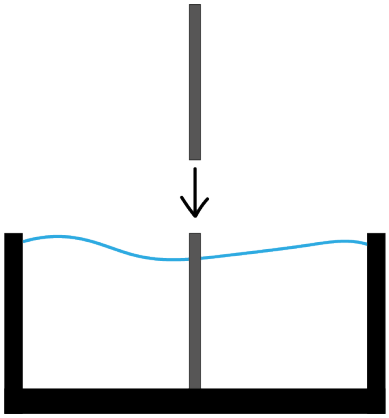
Um die Wand in dem Becken anzubringen erarbeiteten wir mehrere Konzepte.

Unsere erste Idee war eine Wand aus Acrylglas, die in eine Art Schiene eingeführt wird und an den Rändern mit Gummi abgedichtet wäre, ähnlich dem „Hippodom“ im Kölner Zoo. Wegen dieser Überlegung setzten wir uns mit dem Kölner Zoo in Verbindung, der uns mitteilte, dass ihre Wand eine Dicke von 13cm hätte. Danach nahmen wir Kontakt zu Evonik auf. Der Hersteller produziert Wände aus Plexiglas für Aquarien, die eine deutlich größere Last aushalten müssen als unsere Trennwand. Auch Evonik meinte, dass Acrylglas die beste Lösung sei.

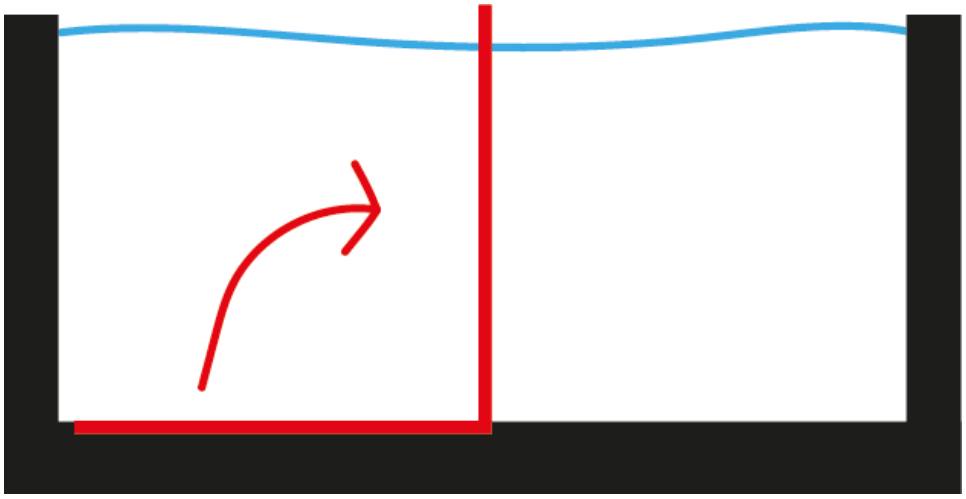
Unsere zweite Idee war eine modulare Wand, bestehend aus mehreren Platten, welche per Nut und Feder verbunden würden und in eine Art Gitter eingesetzt werden. Um dem hohen Wasserdruck standzuhalten würden alle zwei Meter Traversen, wie sie auch beim Bau von temporären Bühnen oder auch der Instandhaltung des Kölner Doms eingesetzt werden. Diese verleihen der Wand sichere Stabilität und sind dazu noch kostengünstig und verhältnismäßig leicht. Dieses Konzept hat allerdings den Nachteil, dass es einen Großen Aufwand erfordert die Platten und das Gitter einzusetzen. Diese Arbeit könnten auf keinen Fall die Bademeister übernehmen. Eine weitere Umsetzungsmöglichkeit wäre ein System, ähnlich dem Kölner Hochwasserschutz, also mehrere Bolzen, die in einer Schiene aufeinander gestapelt werden.[7]

Die dritte Idee ist eine durchgängige, massive Wand, welche von dem Dach des Schwimmbades heruntergelassen werde, da die meisten neuen Schwimmbäder eine „tiefe“ und flache Decke haben. Diese Möglichkeit erfordert mehr Aufwand beim erstmaligen Einbau aber verringert den späteren Aufwand erheblich. Jedoch funktioniert diese Variante nur in Schwimmbädern mit tiefer Decke welche die Last der Wand tragen können und die Montage und Technik wäre recht kostspielig.

[7] http://www.steden-logistik.de/aktuelles/artikel/steden-unterstuetzt-hochwasser-schutz-in-koeln.html



Eine andere Möglichkeit wäre, die Wand bei einem Neubau bereits in den Boden zu integrieren und dann per Hydraulik hochzufahren bzw. aufzuklappen, also ähnlich bereits bestehenden Schwimmbädern mit hydraulisch fahrbaren Böden.



Eine weitere Option, die das Optimum darstellen würde, wäre eine Wand die sich selber stabilisierte. Dies wäre z.B. durch sogenannte Aquapearls möglich. Diese Aquapearls quellen auf ein Vielfaches ihres Volumens, indem sie sich mit Wasser vollsaugen. Ihr primäres Einsatzgebiet sind Windeln. Wenn man jetzt eine Wand in ein Schwimmbecken einsetzt, an deren Seiten sich Dichtungen aus Aquapearls befinden, würde die Wand sich durch das Aufquellen der Kugeln selber stabilisieren und abdichten. Um diese Möglichkeit aber tatsächlich in Betracht ziehen zu können, sind weitere Daten erforderlich.

Für alle diese Lösungen müsste man einen Programmierer zur Rate ziehen, um die Wasserzuläufe unabhängig voneinander ansteuern zu können. Die Kosten dafür sind aber nicht allzu hoch.

Um aber auch etwas über die Dicke und Materialien, die für die Wand verwendet sollen, sagen zu können, erstellten wir in Excel einen Rechner für eben diesen Zweck. Wir gingen bei Länge und Breite von den Maßen des Eifelbads aus. Bei der Tiefe, nahmen wir jedoch eine andere, um ein Worst Case Szenario zu kreieren. Wir nahmen also eine Tiefe von 3 m anstelle einer Tiefe von 2,20 m an der tiefsten Stelle an. So kommt ein Volumen von 937,50 m^3 zustande.

Unsere virtuelle Trennwand hat also eine Länge von 12,5 m, da dies der Breite des Beckens entspricht und eine Höhe von 3,15 m, um ein gewisses Stück über der Wasseroberfläche zu liegen. Die Fläche der Wand beträgt bei diesen Maßen 39,83 m^3.

Nun ermittelten wir zunächst die auf die gesamte Wand wirkende Kraft - ca. 580.000 Newton - sowie den auf die Wand wirkenden Druck (sowohl im Durchschnitt als auch am unteren Ende der Wand, wo der Druck am höchsten ist). Der durchschnittlich auf die Wand wirkende Druck beträgt 0,01472 MPa, auf den unteren 10 cm sogar 0,02894 MPa.

Unsere Trennwand muss also aus einem Material sein, dessen Biegefestigkeit diesem Druck standhält. Im Internet finden sich in großen, öffentlich zugänglichen Materialdatenbanken die Biegefestigkeitswerte für alle möglichen Materialien.
Wegen der uns vorher gegebenen Empfehlungen haben wir uns beim Vergleich verschiedener Materialien vor allem auf Acryl- und Plexiglas konzentriert. Die Biegefestigkeitswerte sind hierbei nach internationalen Standards ermittelt worden, sodass wir aktuell nur im Rahmen dieser Standards Aussagen über die Eignung von Materialien für unsere Zwecke treffen können.

Einer der am weitesten verbreiteten Standards ist ASTM D790 von der American Society for Testing and Materials. Dieser sieht vor, dass man für die Messung der Biegefestigkeit eines Materials ein Sample verwendet, welches 16 mal länger ist, als es dick ist. Die Biegefestigkeit eines beispielhaft ausgewählten Plexiglas liegt bei dem Verhältnis von Länge zu Dicke 16:1 bei 103 MPa (vgl. Wasserdruck 0,02894 MPa an der tiefsten Stelle).

Anhand dieser Erkenntnisse können wir sagen, dass unsere Wand bei einem Verhältnis von 16:1, also einer Länge von 12,5 m und einer Dicke von 0,78 m einer Kraft von 103 MPa standhalten würde, ohne sich zu verbiegen. Da wir aber leider nicht wissen, ob das Verhältnis von Materialdicke pro Länge zu Biegefestigkeit linear ist, können wir nicht direkt auf die für uns erforderliche Dicke schließen, denn 0,78 m wäre wenig praktikabel und schwer handhabbar. Dafür werden weitere Berechnungen und Versuche nötig sein.

Beschreibung	Wert	Einheit	Bezeichnung	Formel (als Notiz in Textform)	Anmerkungen
Eigenschaften Schwimmbecken					
Länge Schwimmbecken	25,00	m			
Breite Schwimmbecken	12,50	m			
Wassertiefe Schwimmbecken	3,00	m			
Gesamtvolumen Schwimmbecken	937,50	m^3			
Eigenschaften Trennwand					
Länge Trennwand	12,50	m			
Höhe Trennwand	3,15	m			
Fläche Trennwand	39,38	m^2	A_{Gesamt}		
Dicke Trennwand	0,78	m	d	d = Länge Trennwand ÷ 16	16:1 gemäß ASTM D790
Abstand Schwerpunkt zur Wasseroberfläche	1,50	m	h_{Gesamt}		
Fläche niedrigste 10 cm	1,25	m^2	A_{Max}		
Abstand Schwerpunkt zur Wasseroberfläche (n. 10 cm)	2,95	m	h_{Max}		
Naturkonstanten					
Wasserdichte	1.000,00	$kg/(m^3)$	p		
Fallbeschleunigung	9,81	$(m/s)^2$	g		
Ergebnisse					
Druckkraft gesamt	579.403,13	N (Newton)	F_{Gesamt}	$F_{Gesamt} = p \cdot g \cdot h_{Gesamt} \cdot A_{Gesamt}$	
Druck gesamt	14.715,00	Pa bzw. N/m^2		$p \cdot g \cdot h_{Gesamt}$	
Druck gesamt	0,01472	MPa	P_{Gesamt}	$P_{Gesamt} = (p \cdot g \cdot h_{Gesamt}) \div 1.000.000$	
Druckkraft niedrigste 10 cm (Druckkraft max)	36.174,38	N (Newton)	F_{Max}	$F_{Max} = p \cdot g \cdot h_{Max} \cdot A_{Max}$	
Druck niedrigste 10 cm (Druckkraft max)	28.939,50	Pa bzw. N/m^2		$p \cdot g \cdot h_{Max}$	
Druck niedrigste 10 cm (Druckkraft max)	0,02894	MPa	P_{Max}	$P_{Max} = (p \cdot g \cdot h_{Max}) \div 1.000.000$	

Beispielhafte Machbarkeitsvergleiche			
Arkema Plexiglas® V825 Acrylic			
Biegefestigkeit	103	MPa	Messung nach ASTM D790
Zugfestigkeit	70,3	MPa	Messung nach ASTM D790
Quelle	http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=bdfa9a3b599f4df6941c181dba5f7324		

5. Offene Fragen / Ausblick

Noch unklar ist es, ob die Möglichkeit besteht, dass das Wasser nicht jährlich abgelassen werden muss. Aktuell ist in der DIN 19643 noch festgelegt, dass das Wasser jährlich abgelassen werden muss. Grund hierfür ist aber nur die erforderliche Reinigung des Beckens, damit die Hygiene gewährleistet ist.

Uns fehlen für die einzelnen Konzepte noch wichtige Berechnungen, die aber ohne Ingenieurstudium oder die richtige Simulationssoftware unmöglich zu erreichen sind. Wir stehen aber deswegen schon etwas länger mit der RWTH Aachen in Kontakt, weil es sehr teuer ist solche Berechnungen in Auftrag zu geben. Um genau sagen zu können, welche Art von Material und Trennwand benötigt wird, sind die genauen Berechnungen des betroffenen Schwimmbads erforderlich, um Aussagen über die wirkenden Kräfte treffen zu können. Sobald wir die uns fehlenden Berechnungen haben, würden wir gerne mit dem Bau eines Prototypen beginnen.