

Manchmal kommt es wirklich auf die Größe an!

Gedanken zum Rohwasserspeicher

Meist fristet er ein einsames Dasein, der Rohwasserspeicher. Keiner wollten ihn haben, jetzt macht ihn die Überlaufrinne notwendig. Früher war doch alles so einfach, jetzt muss man sich einen Kopf machen, wann der graue Kasten in der Erde neues Wasser braucht. Manchmal steht der Kasten auch im Verdacht, das Wasser einfach wegzutrinken. Die notwendige „Auslese“ der Dinge, die im Behälter als der Auswürfe der Überlaufrinne ankommen, regt auch nicht gerade zu ungebremsten Elan an. Es scheint so einfach: „Viel (Behältervolumen) hilft viel!“, wie so oft im Leben ist es dann doch nicht so einfach. Denn viel Volumen kostet viel Geld, viel Volumen hat eine große Oberfläche und erzeugt viele Verluste und deshalb kostet auch das wieder Geld. Ein großer Behälter benötigt auch viel Platz, der oft nicht vorhanden ist. Dem gegenüber steht das Risiko, dass ein zu kleiner Behälter regelmäßig überläuft und so das Wasser verschwendet. Die Interessenlage des Architekten dürfte klar sein, auf der einen Seite Risiko auf der anderen Seite Honorar.



Foto: aqua&pools, Reichenbach Vogtland

Der Berechnungsgang nach DIN

Folgt man der DIN 19643, so setzt sich das Volumen in diesem Rohwasserspeicher aus 3 Komponenten zusammen:

- 1) V_V : das durch die Badegäste verdrängte Beckenwasservolumen, in m^3 ,
- 2) V_W : das Schwallwasservolumen, in m^3 ,
- 3) V_r : der Wasservorrat für die Filterspülung, in m^3 , $V_r \geq 4 \times A_F$,

Wer sich in den letzten beiden Folgen dieser Reihe über die vielen Formeln gewundert hat, der kommt an dieser Stelle voll auf seine Kosten! Das jeder (theoretische) Badegast 75 Liter Wasser vom Becken in den Rohwasserspeicher verdrängt, das wird unter (1) jeder nachvollziehen. Ob hier ein paar schwergewichtige Amerikaner dabei sind, haben uns die Autoren nicht überliefert. Bei wiederum DIN-gerechtem Flächenverbrauch von $4,5 m^2$ je Badegast, egal ob in den Generationen U10 oder Ü70, müssten jetzt also 56 Personen im

Wasser unseres Beispielbeckens sein, die dann $4,2 m^3$ Wasser verdrängen.

Aber das Schwallwasservolumen macht es spannend:

$$V_W = 0,052 \cdot A \cdot 10^{-0,144 \frac{Q}{L}}$$

Der Einfachheit halber nehmen wir das Becken aus dem letzten Beitrag und rechnen mal mit den Werten eines 25×10 -Meter-Schwimmerbeckens. Die Umwälzleistung sei $110 m^3/h$ und der Umfang = Rinnenlänge $70 m$.

$$V_W = 0,052 \cdot 250 m^2 \cdot 10^{-0,144 \frac{110 \frac{m^3}{h}}{70 m}} = 7,72 m^3$$

Richtig, es bleibt noch V_r . Obwohl die Filterfläche erst in einem späteren Artikel thematisiert wird, brauchen wir sie jetzt mal. Um es kurz zu machen, wir arbeiten nicht mit Salzwasser, deshalb ist die Filtergeschwindigkeit im Beispiel $30 m/h$. Mit den Werten von oben:

$$V_r \geq 4 \cdot \frac{110 \frac{m^3}{h}}{30 \frac{m}{h}} = 14,6 m^3$$

Alle Hobby-Physiker und -Mathematiker beachten bitte, die ungleichen Einheiten habe ich mir nicht ausgedacht. Dies folgt dem Prinzip „Es steht geschrieben!“

Die Prüfungsaufgabe wäre (hoffentlich) bestanden, alles ist nach Buchstaben der DIN 19643 ausgerechnet. Wir brauchen einen Behälter mit $27 m^3$ Wasser als Netto-Inhalt.

Warum V_W , wenn wir Schwallwasser berechnen? War V_W nicht ursprünglich vom Wind abhängig? Wo ist der Unterschied zwischen Freibad an der Nordsee und Hallenbad im von jeder Zugluft befreiten Lungen-Sanatorium? Was, wenn Anschwemm-Filter mit geringerem Wasserverbrauch eingesetzt werden? Bevor ein Lobbyist sich jetzt bedroht fühlt, auch andere Filter gehen sparsam mit Spülwasser um. Aber ist denn zur Gebäudeplanung bereits klar, welche Richtung die Ausschreibung der Wassertechnik nehmen wird? Wo stellen wir die Nachspeisung des Rohwasserspeichers ein, bei $27 m^3$ oder bei der Hälfte oder bei Null, kurz bevor der Behälter leer ist?

Diesmal rechnen wir über die Beschreibung der Funktion

Ohne zu behaupten, diese Berechnung wäre falsch, würde ich mich dem Thema gern aus der Richtung der Funktion des Rohwasserspeichers nähern. Stellen wir uns also den Rohwasserspeicher an unserem Beispielbecken vor, ohne zuerst das genaue Volumen zu definieren.

Die Gesamtanlage befindet sich gedanklich im Stillstand, wie in der Mathematik üblich, sei das Wasservolumen V_x jetzt gerade zufällig im Behälter. Was passiert, wenn die Anlage angefahren wird? Die vorher leere Überlaufrinne und die Schwallwasserleitungen füllen sich, weil sie ja ein Gefälle zum Transport nutzen. Nun könnten wir unsere Berechnung aus den beiden vorhergehenden Beiträgen nutzen (aber wer

hat da schon nachgerechnet...) und genau ausrechnen, wie viel in Rinne und Rohren bei welchem Volumenstrom steht ODER wir handeln nach dem Verfahren „mehr geht nicht“ und setzen die vollen Volumina ein. Für die Rinne wählen wir $0,04\text{m}^2$ Querschnitt mit 70m Umfang und bekommen $2,8\text{m}^3$. Das Gefälle ist noch unklar, aber wir wählen eine Rohrleitung DN200 und eine Entfernung zum Behälter von 15m , dann kommen wir dafür auf $2,2\text{m}^3$.



Foto: aqua&pools, Neuruppin Fontane Therme

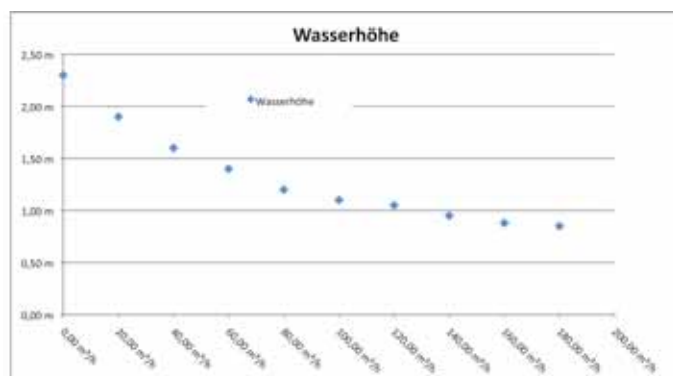
Wenn also die Anlage in Betrieb genommen wird, dann verschwinden maximal 5m^3 aus dem Rohwasserspeicher. Nennen wir das mal V_0 . Ein niedrigerer Wasserstand kann nicht erreicht werden (falls das Becken dicht ist) aber dieser darf natürlich nicht Null sein. Wenn doch, sollte man gleich mal den Keller kontrollieren. Vor dem Anfahren müssen also 5m^3 plus der Reserve zum sicheren Betrieb der Pumpen im Behälter sein.

Was ist aber, wenn der Volumenstrom bei 75% ist? Wo steht dann das Wasser? Oder bei 50%? Oder irgendwo dazwischen? Klar, man könnte jetzt die Formeln aus dem letzten Beitrag nehmen und rechnen. Wenn man es vorbereitet hat, geht es schnell. Aber einfacher ist es mit Geduld, wenn das System funktioniert kann man es einfach in der Realität ermitteln indem man den Volumenstrom verändert und das Verhalten protokolliert. Hier ein passendes Beispiel, schon mit den Durchschnittswerten aus 5 Messungen gefüttert.

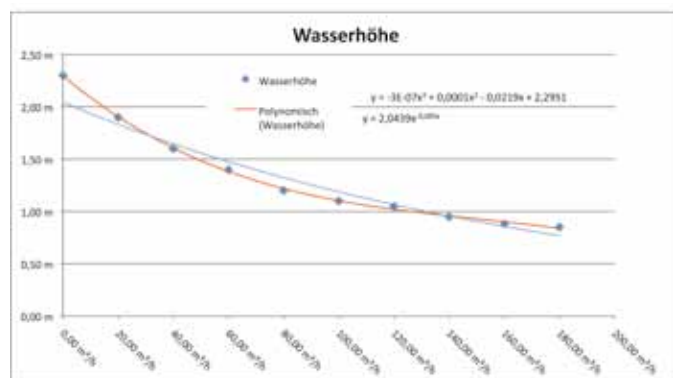
Volumenstrom	Wasserhöhe
0,00 m^3/h	2,30 m
20,00 m^3/h	1,90 m
40,00 m^3/h	1,60 m
60,00 m^3/h	1,40 m
80,00 m^3/h	1,20 m
100,00 m^3/h	1,10 m
120,00 m^3/h	1,05 m
140,00 m^3/h	0,95 m
160,00 m^3/h	0,88 m
180,00 m^3/h	0,85 m

Man erhält am Ende eine mathematische Funktion, die die Abhängigkeit der Füllhöhe im Behälter vom Volumenstrom beschreibt.

Im Diagramm sieht das dann so aus, wenn man die Daten anzeigt:



Ein wenig Excel dazu gemischt, schon kann man die Trendlinien aus dem Diagramm ablesen. Ich habe es zuerst mit der exponentiellen probiert (weil ich hoffte, dort den Hinweis auf die DIN-Formel wieder zu finden), aber mich dann doch für die rote polynomische Linie dritten Grades entschieden. Die Formel ist dahinter eingblendet und lässt sich ganz gut in die Steuerung übernehmen, aber dazu später noch ein paar Sätze.



In der Regel werden die Rohwasserpumpen nicht unter dem Speicher angebracht. Damit sie luftfrei ansaugen können, ist Wasser im Behälter erforderlich. Je nach Bauart, Aufstellung und Automatisierung der Pumpe können das $10 \dots 50\text{cm}$ Wasserstand im Behälter ausmachen. Nennen wir dieses Volumen V_{Null} und schätzen es mit $2,0\text{m}^3$. Jetzt wissen wir also, wie viel Wasser im Behälter gespeichert sein muss, damit wir die Anlage (bei Windstille) anfahren können. $V_x = 7\text{m}^3$.

Wenn jetzt, wie wir ja erwarten, 56 Personen in das Becken springen, steigt der Wasserstand um $4,2\text{m}^3$. Die Personen verdrängen aber weniger Wasser, als in den Rinnen und Rohren verbraucht wurde. Der Behälter hat jetzt $6,2\text{m}^3$ Wasserinhalt.

Wann erfolgt die Filterspülung

... ist die alles entscheidende Frage! Haben wir geplant, diese Arbeit innerhalb der Öffnungszeit des Bades verrichten zu können? Kennt der Planer diesen Überstunden-Begrenzungs-Traum? Dann hat der Planer daran gedacht, dass man bei EINEM Filter nicht 100% abschalten kann, bei 2 Filtern auch die 50% Rest-Volumenstrom eng werden und bei 3 Filtern 66% Rest-Volumenstrom eventuell ausreichen. Schon ist die

zur Spülung der Filter notwendige Wassermenge gedrittelt, 5m^3 (aus der DIN-Berechnung) reichen für einen Filter (von dreien) aus.

Bei Stillstand der Anlage wären diese 5m^3 im Rohwasserspeicher vorrätig! Weil in diesem Zustand nichts in Rinnen und Gefälle-Rohren verbraucht wurde. Aber wir wollen ja nicht erst alle Badegäste rausschmeißen und Bad schließen. Bei 66% Volumenstrom reduzieren sich die Wassermengen in den Rinnen erheblich, aber es reicht nicht zum Spülen.

Gleichzeitig können wir die 56 Norm-Badegäste oder einige aus Softdrinks, Burgern und Pommes mühevoll geformte voluminöse Wasserverdränger nicht zwingen, für eine Filterspülung im Wasser zu bleiben. Damit stellt sich die Frage etwas anders: Soll überhaupt aus dem Rohwasserspeicher gespült werden? Wenn ja, dann müssen wir unseren Speicher um 5m^3 größer auslegen, jetzt ist also $V_x = 7\text{m}^3 + 5\text{m}^2 = 12\text{m}^3$.

Das Argument der Arschbombe.

Für ein Hallenbad wären wir mit dieser Berechnung also schon am Ende. Aber, ja, da keimen jetzt sicher bei vielen die Gedanken auf, was denn mit den Wasserverdrängern sei, wenn Sie mit Hilfe des 10-Meter-Turms einen Mini-Tsunami in die Rinne senden. Selbst wenn der Tsunami 5m^3 in die Rinne schickt – in den nächsten Sekunden erhält die Rinne kein weiteres Wasser, da dieses ja im Becken fehlt. Rinne und Rohre wirken wie ein zeitlicher Puffer, sie verteilen solche Störungen auf eine größere Zeit. Die Arschbombe hat also keinen Einfluss auf den Rohwasserspeicher. Dieses extrem überhöhte Beispiel soll auch verdeutlichen, dass Wellen im Becken keine Auswirkungen auf den Speicher haben, denn sie bestehen immer aus einem Wellenberg und einem Wellental. Fast schon philosophisch, fast schon yin und yang.

Der Wind

... hat für das Freibad natürlich Bedeutung. Je nach Windstärke ist er in der Lage, das Wasser in eine Richtung zu schieben. Das allein wäre nicht schlimm, denn wir haben ja für die Rinne eine große Reserve gerechnet, so dass dieses Wasser abfließen kann. Vielmehr müssen wir berücksichtigen, dass der Wind den Wasserspiegel leicht „anschrägt“. Dies geschieht abhängig von Windstärke und der Länge des Beckens in Windrichtung. Um in der Meeres-Sprache zu bleiben, wir haben auf einer Seite des Beckens mit einer Sturmflut zu rechnen.

Wäre unsere Becken so groß wie die Ostsee, dann könnten wir mit 2 Metern Höhenunterschied rechnen. Nun sind wir ja etwas kleiner unterwegs bei unserem 25m-Becken. Probieren geht über Studieren, ich habe in 20 Jahren ständig Werte bis maximal 2‰, also 2mm je Meter, gemessen. Auf der einen Seite bleibt der Wasserspiegel gleich, denn die Überlaufkante bleibt ja vom Wind unbeeindruckt auf einer Höhe, auf der anderen Seite sinkt der Wasserspiegel also in unserem Beispielbecken um 50mm. Wieviel ist das?

$$V_{\text{Wind}} = 0,050\text{m} * \frac{1}{2} * \text{Breite} * \text{Tiefe} = 0,025\text{m} * 250\text{m}^2$$

$$V_{\text{Wind}} = 6,25\text{m}^3$$

Vielleicht findet sich ja unter unseren Mitgliedern einer, der Windgeschwindigkeit UND Gefälle aufgezeichnet hat. Dann bitte ich den um Ergänzung! Ich hatte keinen Windmesser in der Tasche. Für das Freibad bedeutet die Berechnung, dass die Reserve (nach oben) des Behälters vergrößert werden muss. Denn dem Wind ist egal, ob die Umwälzung läuft oder still steht. Für den (windstillen) Zustand hatten wir $V_x = 7\text{m}^3 + 5\text{m}^2 = 12\text{m}^3$ gerechnet. Der Behälter hat jetzt also eine Größe von

$$V_{\text{Behälter}} = V_x + V_{\text{Wind}} = 12\text{m}^3 + 6,25\text{m}^3 = 18,25\text{m}^3$$

Wohin mit den Schwimmerschaltern?

Ab in die Mülltonne! Statt dessen Feuer unterm Arsch des Planers (oder des Programmierers der meist sündhaft teuren Automatisierung des Bades) wenn keine analoges System installiert ist. Ein analoges System kann darstellen, wie hoch der aktuelle Füllstand im Behälter ist, sei es über Druck, über Schall oder über Mikrowellen. Alles möglich! Denn es ist unmöglich, diesen beiden Schwimmer-Schaltern zu sagen, wieviel Wasser denn jetzt gerade unterwegs ist, wieviel Wasser aus dem Becken verdrängt wird, ob in den nächsten Minuten ein Filter nach seiner Spülung schreit. Die Automatisierung weiß einen großen Teil davon, warum sagt sie es dem Rohwasserspeicher nicht? Weil der nur ein blöder Behälter ist? Dann lasst die Nachspeisung doch auch von der klugen Automatik tun.



Foto: Bernburger Freizeit GmbH

Kommen wir an dieser Stelle auf die Trendlinie aus dem Diagramm zurück. Die Nachspeisung muss also den aktuellen Wasserstand mit dem Volumenstrom vergleichen, die Spülwasserreserve dazu addieren und dann entscheiden, ob das Ventil geöffnet werden muss.

Ein paar Zeilen in den Programmcode aufgenommen, schon ist H_{Soll} als Funktion des Volumenstromes bekannt. Und wenn dieses erheblich unterschritten wird, dann kann nachgespeist werden.

Darf's etwas mehr sein?

Wenn die Automatik mit diesen Zusammenhängen gefüttert wird, dann kann zum Beispiel der Notstop der Pumpen vermieden werden. Dann weiß die Automatik, dass die Reduzierung des Volumenstromes die Wasserhöhe im Rohwasserspeicher kurzfristig verbessern kann und reagiert entsprechend.

Wenn die Automatik mit den Differenzdrücken der Filter gefüttert ist, dann kann das notwendige Spülwasser kurzfristig bevorratet werden und muss nicht immer mitgeschleppt werden. Dann kann auch angezeigt werden, wann der Filter gespült werden darf – und wenn das Wasser momentan nicht ausreicht.

Wenn die Automatik mit den Betriebszeiten gefüttert ist, dann kann die Wasserentnahme auf bestimmte Tageszeiten fixiert werden – nämlich dann wann es dem Wasserversorger „druckmäßig gut geht“. Ich bin sicher, es gibt noch mehr Argumente, über den Rohwasserspeicher, etwas mehr als in der DIN beschrieben, nachzudenken. Nehmen wir doch...

... den Anschluss der Zuläufe.

Nun haben wir uns hoffentlich genug den Kopf zerbrochen, wann wie viel Wasser im Behälter ist.

Aus der Zunft der Planungsingenieure kommt oft die Meinung, dass die Zuläufe oberhalb des (von ihnen nach DIN errechneten) Wasserspiegels liegen müssten. Warum eigentlich? Weil man sich so eine Entlüftung sparen will? Oder weil das innere Wasser stärker als das äußere Wasser sein könnte? Oder weil in der DIN nicht steht, wann welcher Wasserstand im Behälter zu erwarten ist? Dieser kleine Seitenhieb sei bitte nach den oberen Erläuterungen nachsichtig übersehen. Das so einfach nach Wort und Buchstaben einer DIN zu planen kostet mal wieder jede Menge Kohle. Da lobe ich den Rohwasserspeicher, der keine Höhe verschwendet und damit auch weniger kostet.

Ergebnis sollte doch sein: Der Tiefpunkt der Rohre liegt knapp über dem normalen Betriebspunkt des Wasserspiegels! Damit fällt das Wasser nicht unnötig in die Tiefe und das Volumen wird nicht verschwendet. Aber dies ist graue Theorie, denn es wird sich erst in der späteren Planung genau errechnen lassen.

Was, wenn die Rohre bei normalem Gefälle zu hoch im Behälter enden? Die Lösung ist in den ATV des Tiefbaus zu finden. Dort wird der Höhenunterschied vor einem Schacht mittels Fallrohr und horizontalem Überlauf überwunden. Wenn nicht außerhalb, dann sollte das Fallrohr mindestens im Behälter installiert werden. Der Grund für den Anschluss über einem imaginären Wasserspiegel entfällt dadurch, mit der sauberen Verlegung und mit ein wenig Gehirnschmalz.

Wer es versuchen will, hier noch ein Rat: Auf keinen Fall die Belüftung vergessen und das Schwallwassersystem auf geodätischen Volumenstrom hin nachrechnen! Geysire in der Rinne würden den kleinen Fehler eindrucksvoll beweisen!

Was, wenn die Rohre zu tief enden? Natürlich nicht unter Bodenhöhe des Behälters, da muss man eben rechnen und den Rohrquerschnitt entsprechend anpassen. Im Rohr muss der angestaute Wasserspiegel so hoch sein, dass die Differenz zum Wasserspiegel im Behälter ausreicht, um den notwendigen Volumenstrom zu erreichen. Bei Bedarf muss die Rohrleitung eine größere Nennweite bekommen.

$$Q = A_{Rohr} * v_{Wasser}$$

$$Q = A_{Rohr} * \mu * \sqrt{2 * g * (h_{im Rohr} - h_{im Behälter})}$$

Solange sich das Wasser im Rohr ausreichend aufstauen kann, funktioniert es auch.

Die Durchströmung

Die meisten von uns wissen, was so alles im Rohwasserspeicher landet. Und seien wir ehrlich, wer kontrolliert den Behälter schon jeden Tag. Also bleibt alles drin, was einmal eingespült wurde? Man kann aber auch vorher darüber nachdenken, und es nicht dem Zufall überlassen. Die richtige, tangential, Anordnung der Wasserzuläufe erzeugt eine Rotationsbewegung im Wasser und damit auch alles zu den Pumpen. Wie gesagt, wenn man das Wasser eben nicht von oben einfach fallen lässt! Man könnte es jetzt übertreiben und fordern, den für uns auf der Nordhalbkugel rechtsdrehenden natürlichen Strudel, den der alte Coriolis erklärt, antreiben statt ihn zu bekämpfen. Aber unsere Rohwasserspeicher sind zum Glück zu klein für die Wirkung der „großen“ Physik.

Fluch und Segen zugleich, wenn wir es strudeln lassen, dann landet alles am Ende doch nur im Fasernfänger der Pumpen. Der reinigt sich aber leichter als der ganze Behälter, oder?

Im nächsten Beitrag reden wir über genau diesen Fasernfänger und die Pumpen, die daran hängen. Vielen Dank für das Interesse!

Dipl.-Ing. Dirk Sura, Redaktionsmitglied



B+S FINNLANDSAUNA

48249 Dülmen | 02594 96581 | sauna@bs-finnland-sauna.de

www.welt-der-sauna.de

