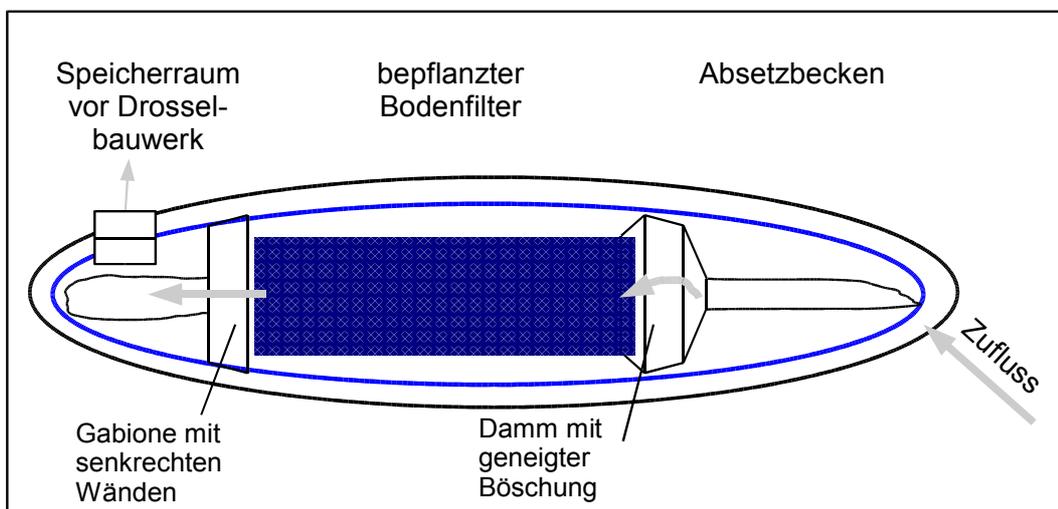


4.3 Regenwasserbehandlung

Das aus dem Kanalnetz abgeleitete Regenwasser muss gereinigt und gedrosselt werden, damit es in die südliche Schwelme abgeleitet werden kann. Die Berechnung der Abflussbelastung des Regenwassers ergibt nach DWA-M 153 etwa 12,5 Punkte. Eingeleitet wird in den Oberlauf der Schwelme, einem Gewässerabschnitt mit besonderem Schutzbedürfnis, das eine Belastung mit 10 Punkten erlaubt. Aus dem „Trennerlass“ ergibt sich ebenfalls, dass von Straßen und Plätzen abfließende schwach belastete Niederschlagswasser behandelt werden muss. Aufgrund der Drosselung muss das Regenwasser in einem offenen Becken, einem Retentionsbodenfilter zwischengespeichert werden. Die Regenwasserbehandlung erfordert neben dem Retentionsbodenfilter auch ein vorgeschaltetes Abschlagbauwerk und eine Drossel, die den Abfluss aus dem Filter mindert und bei stärkeren Niederschlagsereignissen gedrosselt weiterleitet.

Die Skizze zeigt den Weg des Regenwasser zum Retentionsbodenfilter und von dort aus Richtung Schwelme:



Die gesamte Anlage in Erdbauweise wird nach den Vorgaben des Unfallversicherungsträgers als Sicherung gegen unbefugtes Betreten umzäunt. Entlang der Straße muss eine Schutzmauer (Gabione) aufgestellt werden, zur Sicherung gegenüber dem Kfz – Verkehr.

4.3.1 Abschlagbauwerk (Schacht 15659)

Damit bei starken Niederschlägen im Absetzbecken sedimentierte Schwebstoffe nicht mehr aufgewirbelt werden, wird der Zufluss zum Absetzbecken in einem Abschlagbauwerk begrenzt. Dort abgeschlagenes Wasser wird in die Zone vor dem Drosselbauwerk geleitet. Zum Absetzbecken mit nachgeschaltetem Bodenfilter sollen mindestens $Q_{krit} = 33,3$ l/s geleitet werden, gewählt werden 38,9 l/s.

Das Abschlagbauwerk wird als Regenüberlauf mit hoch gezogener Schwelle ausgeführt. Als Drossel wird ein Drosselschieber mit 250 mm Durchmesser verwendet, der 10 cm geöffnet wird. Die

Überlaufschwelle wird durch ein nachjustierbares Überlaufblech auf die Höhe von 307,15 m ü.NHN gebracht. Eine Tauchwand leitet Geschwemmsel weiter zum Absetzbecken.

Ohne Rückstau aus dem Becken leitet Haltung 15678 mit Nennweite DN 400 die 398 l/s bei 28 cm Fließtiefe aus dem Abschlag in das Becken. Bei voll gefülltem Rohr bei Rückstau aus dem Becken ist ein Wasserspiegelunterschied von 41 cm zu berücksichtigen.

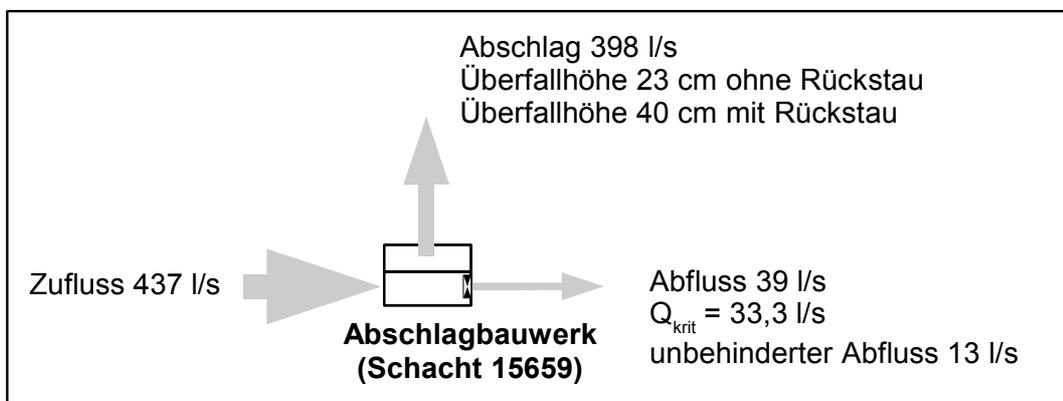
Bei einem 5-jährigen Regenereignis und einer Beckenfüllung bis 306,74 m ü.NHN gibt es einen freien Überfall im Abschlagbauwerk mit 23 cm Überfallhöhe. Beim 100-jährigen Wasserstand von 307,10 m ü.NHN gibt es durch Rückstau einen unvollkommenen Überfall mit 40 cm Überfallhöhe.

Der Drosselschieber wird an die ebene, senkrechte Stirnwand am Ablauf des Abschlagbauwerkes montiert. Die Schieberplatte mit der waagerechten Schieberplatte verengt den runden Querschnitt DN 250 und führt so zu einer Drosselung des Durchflusses. Etwa 13 l/s werden mit 10 cm Fließtiefe ungedrosselt weitergeleitet. Bei 90 cm Wasserstand vor der Drossel (=Schwellenoberkante) leistet die Drossel 39 l/s. Bei Verwendung des Drosselschiebers „FluidGate“ der Firma UFT wird die Öffnungsweite des Schiebers angezeigt und somit die Kontrolle der eingestellten Drosselleistung erleichtert.

- Drosselschieber DN 250, mit 100 mm geöffnet
- Drosseldurchfluss 39,0 l/s
- Überfallhöhe Schwelle 0,23 m bei 2,00 m Schwellenlänge

Das abgedeckte Abschlagbauwerk wird durch zwei Schachteinstiege betreten. Somit wird ein unbefugter Zugang zum Bauwerk unterbunden. Da sich vor dem Schieber Geschwemmsel ansammeln kann, muss das Bauwerk gelegentlich gereinigt werden. Falls schon bei geringen Niederschlägen Regenwasser direkt dem Speicherraum vor dem Drosselbauwerk zufließt, ist angezeigt, dass das Abschlagbauwerk zu reinigen ist.

Das Fließschema zeigt die Spitzenabflüsse bei einem 5-jährigen Regenereignis:



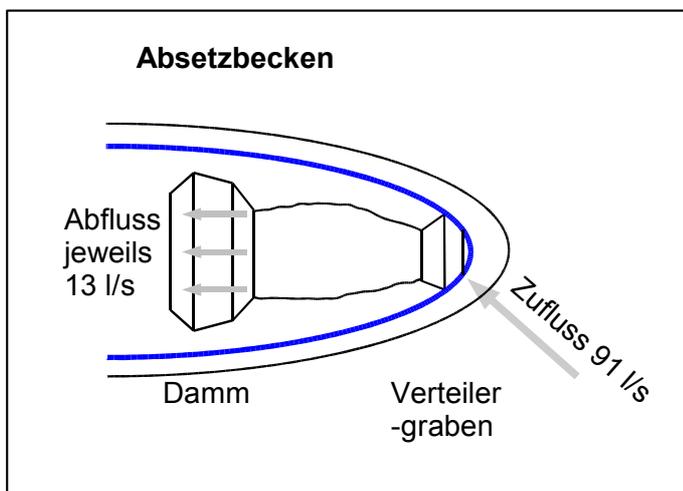
4.3.2 Absetzbecken

Im Absetzbecken sedimentieren Schwebstoffe im Regenwasser, bevor das Wasser zum Bodenfilter fließt. Das Absetzbecken ist ein abgedichtetes Erdbecken mit einer Böschungsneigung innen von 1:2, der die Anlage abgrenzende nördliche Damm hat eine Böschungsneigung außen von 1:1,5. Das Becken wird im Dauerstau betrieben. Der Dauerstau liegt bei 306,10 m ü.NHN, die Sohlhöhe beträgt 305,00 m. Es wird wie ein ständig gefülltes Regenklärbecken bemessen.

Ständig gefüllte Regenklärbecken müssen für eine Oberflächenbeschickung q_a von höchstens 10 m/h, bezogen auf eine kritische Regenspende von 15 l/s*ha ausgelegt werden. Die größte horizontale Fließgeschwindigkeit darf 0,05 m/s betragen. Diese Becken wirken wie Durchlaufbecken bei Vollerfüllung, die Konstruktionsgrundsätze für Durchlaufbecken sind daher entsprechend DWA A 166 zu beachten.

Folgenden Hauptabmessungen werden gewählt (Mittelwerte, da es sich nicht um ein Rechteckbecken handelt)

- mittlere Länge L 16,00 m
- mittlere Breite B 4,83 m
- Wassertiefe H 1,10 m
- Wasserspiegel 306,10 m ü.NHN als Dauerstau mit 112,5 m² Oberfläche



Im Absetzbecken setzen sich Schwebstoffe aus dem Regenwasserabfluss ab, die sonst auf Dauer den Bodenfilter zusetzen könnten. In der Berechnung wird ein jährlicher Schlammfall von etwa 16,2 m³ ermittelt. Bei dem Absetzbecken handelt es sich um ein Becken nach Typ D24 entsprechend ATV- DVWK Blatt M 153 mit einem Wirkungsgrad von 50 %.

Im ersten Jahr errechnet sich eine Schlammhöhe von 31 cm, in 2. von 55 cm, dann 75 cm. Spätestens ab dem 3. Jahr

muss das Absetzbecken entschlammt werden. Die Horizontale Fließgeschwindigkeit steigt dann auf 0,02 m/s.

Das Absetzbecken ist durch einen Damm vom Bodenfilter getrennt. Der Ablauf aus dem Absetzbecken erfolgt über 3 gegen die Fließrichtung steigende Rohre der Nennweite DN 250, bei denen sich mit jeweils 13 l/s eine Fließgeschwindigkeit von 0,26 m/s einstellt. Die Rohre sind im Dauerstau eingestaut und erfüllen so die Funktion einer Tauchwand. Der Zufluss wird über einen Graben verteilt. Bei stärkerem Regen füllt sich der Absetzteich auf 307,10 m üNHN. Dadurch wird zusätzliches Stauvolumen aktiviert.

4.3.3 Bodenfilter

Der Retentionsbodenfilter wird nach Merkblatt DWA M 178 als Fangbecken mit Speicherlamelle bemessen. Als Speicherlamelle wird der Aufstau über dem Filterbecken bezeichnet. Der Retentionsbodenfilter wird aus drei Teilen bestehen:

- im Osten aus einem Speicher als Absetzbecken, der durch einen Damm abgetrennt ist
- westlich angrenzend der bepflanzte Bodenfilter durch eine Gabione getrennt und
- daran anschließend der Speicherraum vor dem Drosselbauwerk.

Das zum Erdreich hin abgedichtete Becken ist in Erdbauweise vorgesehen. Die drei Zonen werden bei einem sehr starken Regenereignis bis zum Wasserstand von 307,10 m überstaut und speichern insgesamt etwa 1000 m³ Wasser.

Die Sohle des Bodenfilters liegt bei 305,05 m ü.NHN, die Oberfläche des Filters mit 486 m² bei 306,00 m ü.NHN. Die Böschungsneigung beträgt 1:2, an der Straße entlang muss eine etwa 1 m hohe Stützmauer errichtet werden, um auf der vorhandenen Fläche ein ausreichendes Stauvolumen bereit stellen zu können. Der Bodenfilter besteht in Versickerungsrichtung aus 3 Schichten:

- Oberste Schicht: 15 cm sandiger Boden mit Kf Wert $1,5 \cdot 10^{-5}$ m/s, Oberfläche bei 306,00 m
- Mittlere Schicht: 50 cm Bodenfiltersand nach DIN 4266, obere Lage 35 cm Sandfilter 0/2 mm karbonhaltig, pH = 7, untere Lage 15 cm Kies 2/8 mm
- Untere Schicht: 30 cm Drainagekies 8/16 mm, darin eingesetzt Vollsickerrohre DN 200 nach DIN 4262, Teil 1. Kontrollleitungen werden bis zur Böschungsoberkante verlegt und mit Rosten aus Gußeisen abgedeckt.
- Unterste Lage Abdichtung des Bodenfilters mit PE-HD Dichtungsbahnen

Der Filter wird durch die Vegetationszone hindurch vertikal durchströmt und reinigt auf diese Weise das eingeleitete Regenwasser. Es wird davon ausgegangen, dass der anstehende Boden nicht zur Abdichtung des Beckens verwendbar ist, sondern nur für den Dammbau eingesetzt werden kann. Daher soll das Becken durch PEHD Kunststoffbahnen mit einer Mindestdicke von 2 mm abgedichtet werden. Zum Schutz der Dichtung wird diese beidseitig mit Geotextil bedeckt. Bentonitmatten können wegen der steilen Böschungsneigung nicht eingesetzt werden.

Das durch den Bodenfilter geflossene Wasser wird in Dränagesammlern DN 200 gefasst. Die Dränageleitungen werden in Beckenquerrichtung bis zur Dammoberkante gezogen, um eine einfachere Inspektion der Drainage zu ermöglichen. Drainageleitungen sind ohne starke Richtungsänderungen ($\leq 15^\circ$) zu verlegen, damit später eine Kamerabefahrung möglich ist.

Bepflanzung:

Die Oberste Lage des Bodenfilters wird mit Schilfbällen (*Phragmites communis* oder *Phragmites australis*) bepflanzt. Für die Bepflanzung des Filters mit Schilf werden Setzlinge aus Samen über eine Vegetationsperiode vorkultiviert. Diese sollten im vorzugsweise im Mai oder Juni mit etwa 8

Pflanzen/m² im Zulauf und 6 Stück/m² Filterfläche am Ablauf gesetzt werden. Vegetationsmatten ermöglichen einen raschen Anwuchs von dichtem Schilf.

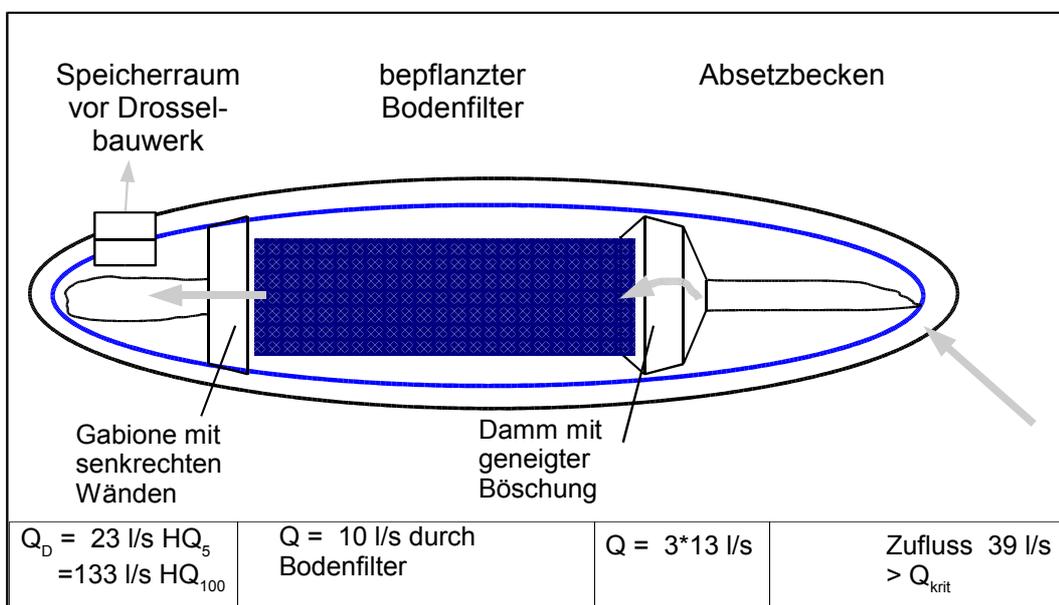
Nur wenn genügend Wasser vorhanden ist, kann der Schilf gut anwachsen. Der Bodenfilter kann zeitlich begrenzt eingestaut werden, indem die Schieber des Drosselbauwerks geschlossen werden. Ein temporärer Überstau sichert nach der Bepflanzung die Dominanz von Schilf gegenüber Konkurrenzpflanzen. Für die Sicherung der Böschungen, die dem Wasserwechsel ausgesetzt sind, hat sich eine Aussaat von 20 g/m² Rohrglanzgras bewährt.

Die Bemessung des mit Schilf bewachsenen Bodenfilters erfolgt nach dem Merkblatt DWA-M 178. Der Bodenfilter sollte etwa 485 m² Oberfläche besitzen, damit die mittlere Filterbelastung mit 42,9 m³/m²*a geringer als die zulässige Belastung bleibt.

Um überschüssige Erdmassen aus dem Leitungsbau und den Aushub für das Becken nicht abfahren zu müssen, werden dieselben soweit möglich zum Dammbau verwendet. Die Länge und Gestaltung des Dammes erfolgt daher auch nach topographischen Gesichtspunkten und nach der Massenbilanz des Erdbaus.

- Bodenfilterfläche A_F 485 m²
- Filterbelastung $h_{F,m}$ 42,9 m³/m³*a als Jahresmittelwert < 50 m³/m³*a

Die Prinzipskizze zeigt die Aufteilung des Retentionsbodenfilters und den Weg des Wassers durch diese Anlage.



4.3.4 Regenrückhalteraum

Das Rückhaltevolumen wird entsprechend DWA A 117 bemessen. Für die Bemessung des RRB sind folgende Flächen zu berücksichtigen:

- kanalisiertes Einzugsgebiet des Regenwasserkanalnetzes = 43.770 m²
- abflusswirksame Fläche aus Bebauung und Erschließung = 20.620 m²
- Fläche des Retentionsbodenfilters = 1.407 m²

Somit wird von einer befestigten, abflusswirksamen Fläche von $A_{E,b} = 2,203$ ha mit einem mittleren Abflussbeiwert von $\psi_{m,b} = 0,90$ ausgegangen. Die nicht befestigten Flächen wie Gärten werden mit $A_{E,nb} = 2,174$ ha und einem mittlerer Abflußbeiwert von $\psi_{m,b} = 0,05$ angesetzt.

Die Überschreitungshäufigkeit des Speichervolumens wird mit $T_a = 100$ a ($n = 0,01/a$) vorgegeben. Der Drosselabfluss muss so stark abgemindert werden, dass der natürliche Abfluss bei einem 100-jährigen Niederschlagsereignis nicht überschritten wird. Aus dem benachbarten Einzugsgebiet Halzenbecke waren von der Bezirksregierung Arnsberg nebenstehende Abflussspenden angegeben.

Hq ₁₀₀	=	3040	l/s*km ²
Hq ₅₀	=	2675	l/s*km ²
Hq ₂₅	=	2280	l/s*km ²
Hq ₁₀	=	1825	l/s*km ²

Außerdem war gefordert, dass bis zu einem 5-jährigen Regenereignis der Drosselabfluss auf den natürliche Abfluss bei Hq₅ begrenzt wird. Die Berechnung mittels SCS - Verfahren nach DVWK Blatt 113 ergibt ein Maximum für einen 2-Stunden Regen mit einer 5-jährigen Niederschlagsintensität als Spitzenabfluss 23 l/s. Daher muss der Stauraum für 2 Lastfälle bemessen werden:

- Regenereignis bis HQ₅: Drosselabfluss 23 l/s, erforderliches Volumen 602 m³
- Regenereignis bis HQ₁₀₀: Drosselabfluss 133 l/s, erforderliches Volumen 693 m³

Die Speichervolumina beinhalten den Zuschlagsfaktor $f_z * f_a = 1,20 * 0,936 = 1,123$ für ein mittleres Risikomaß. Um beide unterschiedlichen Drosselabflüsse zu erreichen, werden 2 verschiedene Drosseln eingesetzt:

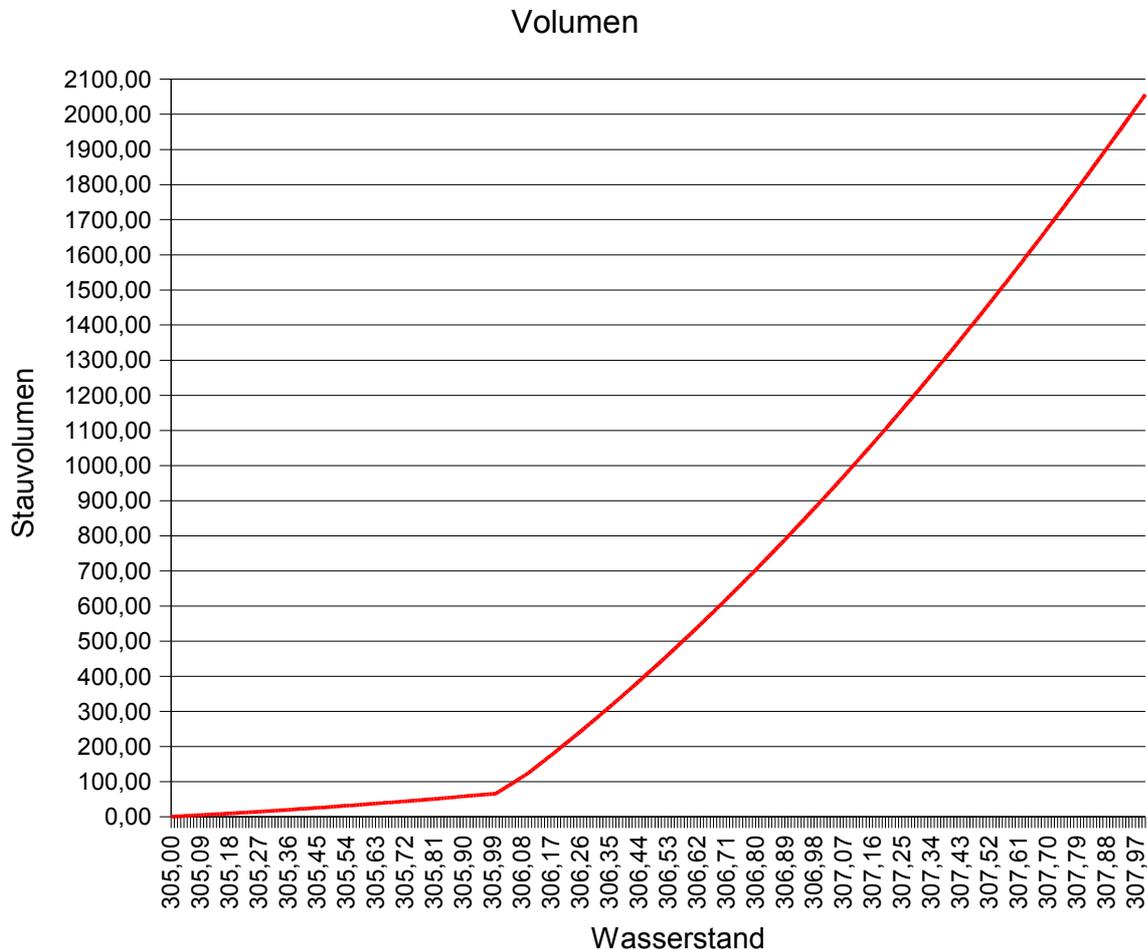
- vertikale Wirbeldrossel, Bauart UFT- FluidVertic mit 23 l/s, Sohlhöhe 305,00 m ü.NHN
- selbstregulierender Klärüberlauf UFT- FluidClari mit 108 l/s, Sohlhöhe 306,85 m ü.NHN

Die Bemessung des Speichervolumens nach DWA 117 unterstellt einen konstanten Drosselabfluss. Dieses Becken besitzt zwei unterschiedliche Drosseln, die bei verschiedenen Wasserständen anspringen. Daher kann das erforderliche Beckenvolumen nur iterativ gefunden werden.

Das Speichervolumen ergibt sich aus dem :

- Volumen vor der Drossel, Grundfläche 48,0 m², Sohlhöhe Speicher 305,00 m ü.NHN
Böschungsneigung = 1:1,5
- Volumen über Bodenfilter, Grundfläche 486,0 m², Sohlhöhe Speicher 306,00 m ü.NHN
Böschungsneigung = 1:2

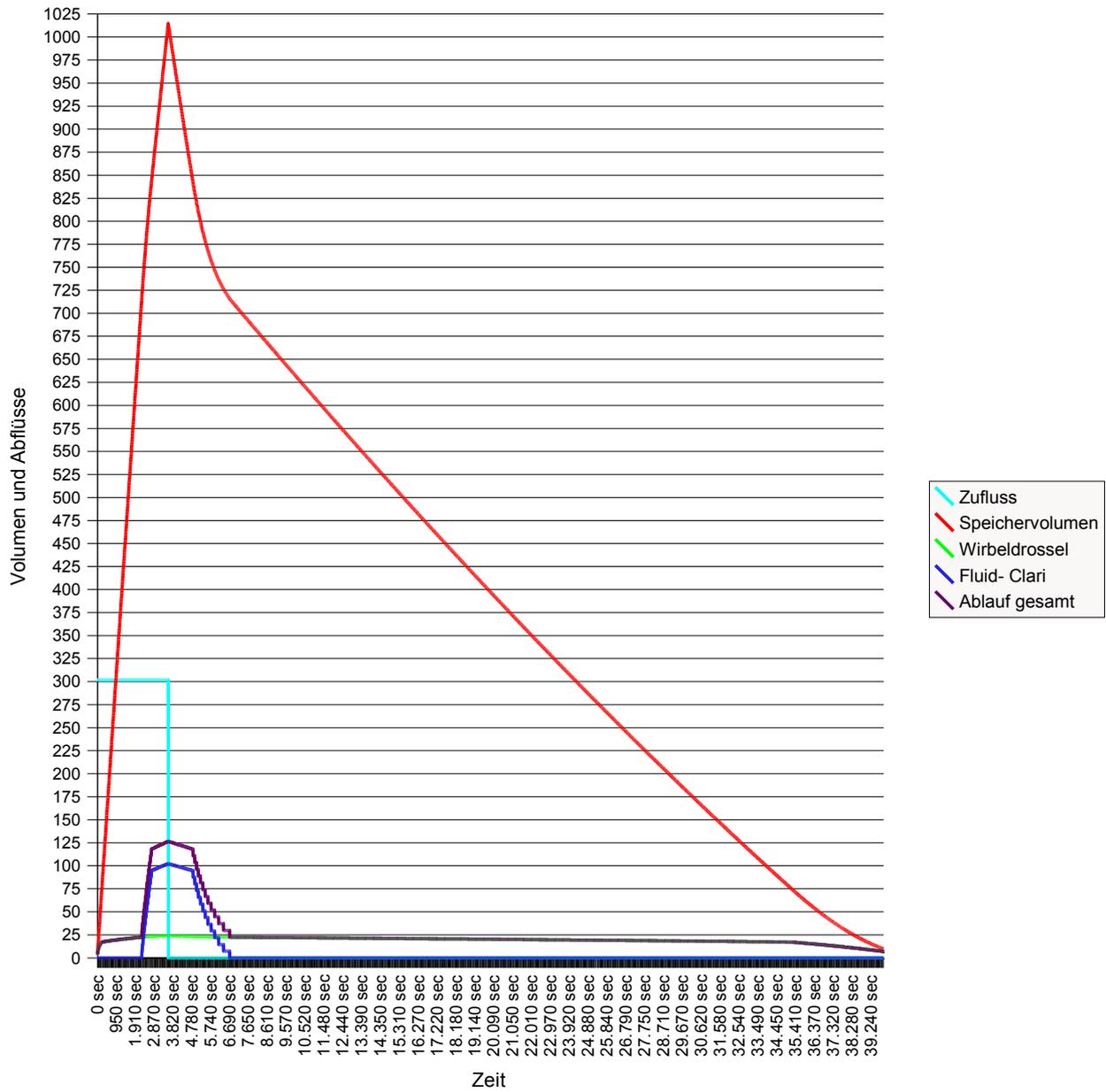
- Volumen über Absetzteich, Grundfläche 112,5 m², Sohlhöhe Speicher 306,10 m ü.NHN
 Böschungsneigung = 1:2



Infolge der Drosselkurve der Wirbeldrossel, die erst ab einem bestimmten Wasserstand 23 l/s weiterleitet, muss beim 5-jährigen Regenereignis ein Volumen von 621 m³ bereitgestellt werden. Der Wert errechnet sich durch Iteration für einen Regen HQ₅ mit 120 Minuten Regendauer. Der selbst-regulierende Überlauf wird daher auf 306,72 m ü.NHN installiert.

Erst wenn dieser Wasserstand erreicht ist und das Becken mit 621 m³ gefüllt ist, springt die zweite Drossel an. Durch Iteration errechnet sich das maximale Volumen für ein 100-jähriges Ereignis und einem 60-Minuten Regen zu 1015 m³. Bei diesem Volumen staut sich das Wasser auf etwa 307,10 m ü.NHN auf.

Dargestellt sind Zufluss und Abflüsse und das Speichervolumen für den 100-jährigen Regen, der eine Stunde dauert.



4.3.5 Dammhöhen und Freibord

Die geplante Dammhöhe liegt bei 308,00 m ü.NHN. Der erforderliche Freibord beträgt bis 2 m Einstauhöhe nach /13/ :

$$f = f_{wi} + f_{si} = f_{Wind} \cdot f_{Damm} + f_{si} \\ = 0,1 \text{ m} \cdot 0,67 + 0,1 = 0,17 \text{ m}$$

mit: Windfreibord :	$f_{Wind} = 0,10 \text{ m}$
Wichtungsfaktor Dammkrone:	$f_{Damm} = 0,67$ (unbefestigter Betriebsweg)
Sicherheitszuschlag:	$f_{si} = 0,10 \text{ m}$

Außerdem ist noch die Überfallhöhe im Drosselbauwerk von 31 cm zu berücksichtigen, die sich einstellt, wenn die Drossel versagen sollte. (Berechnung siehe Kap. Drosselbauwerk) Die höchste zulässige Höhe der Notentlastung errechnet sich demnach zu :

$$H_{ent.} = 308,00 \text{ m ü. NHN} - 0,17 \text{ m} - 0,25 \text{ m} = 307,58 \text{ m ü. NHN.}$$

Die gewählte Höhe beträgt

$$\text{gew. } H_{ent.} = 307,10 \text{ m ü. NHN.}$$

4.3.6 Drosselbauwerk (Schacht 15679)

Wirbeldrossel

Das Drosselbauwerk ist baulich einfach gestaltet und besitzt zur Begrenzung des Abflusses eine mechanische vertikale Wirbeldrossel. Vorgeschlagen wird ein Wirbelventil in nasser Aufstellung der Firma UFT, Typ FluidVertic mit der Nennweite DN 125, Typ VLS 4, Ausführung B, die bei 1,77 m Druckhöhe beim Wasserspiegel von 306,85 m ü.NHN 23 l/s abfließen lässt.

Es ist eine nur mit strömungsmechanischen Effekten arbeitende, aktive Abflusssteuerung ohne bewegliche Teile, mit sehr hohem Fließwiderstand und sehr großem freien Durchgangsquerschnitt. Das hydraulische Verhalten des Wirbelventiles entspricht dem einer langen Rohrdrossel. Drei Positionen einstellbar, damit der Abfluss komplett verschlossen werden kann:

- Position Drossel
- geschlossen
- offen

Die Drossel zum oberwasserseitigen Andübeln an eine ebene, senkrechte Wand vor einen bau-seits vorbereiteten Wanddurchgang ist für den Dauereinsatz im Wasser konstruiert. Sie besteht aus rostfreiem Edelstahl und Kunststoffelementen. Das Ventil ist fest mit einer Steckplatte verbunden, die verschiebbar zwischen zwei Führungsleisten auf der Grundplatte gehalten wird. Die Grundplatte wird an der Schachtwand befestigt. Zur Kontrolle oder bei Verstopfungen kann man die Drossel von der Dammhöhe aus an einem Edelstahlseil aus der Halterung herausziehen.

Vertikale Wirbelventile arbeiten ohne bewegliche Teile und sind daher verschleißfrei und wartungsarm. Je nach Belastung sollten Inspektionen durchgeführt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass der Zulauf nicht verlegt ist. Von Zeit zu Zeit sollte die Drossel zur Inspektion aus der Steckplatte gezogen werden.

Klärüberlauf

Die zweite Drossel, der selbstregulierende Klärüberlauf FluidClari der Firma UFT befindet sich bei 306,72 m ü.NHN. Diese Drossel springt an, wenn Regenereignisse eintreten, die seltener als alle 5 Jahre auftreten.

Auch diese Drossel arbeitet ohne Hilfsenergie, Dichtungen und Gelenke. Es ist eine aktive Abflusssteuerung, bei der ein dünnes Edelstahlfederblech durch den Wasserdruck elastisch so verformt wird, dass im Zusammenspiel mit einem feststehenden, geneigtem Sohlblech ein variabler Kontrollquerschnitt den Abfluss konstant hält.

Es handelt sich um eine kompakte Einheit zum Einsetzen in eine bauseits nach Herstellerangaben vorbereitete Aussparung. Sie besteht aus einer Rahmenkonstruktion, Halteblech und Sohlblech aus Edelstahl 1.4301, Federblechstreifen aus hoch vergütetem, rostfreiem Edelstahl nach Werkspezifikation, die Befestigungsteile sind aus Edelstahl.

Damit gegebenenfalls abtreibende Pflanzenteile die Drosselfunktion nicht beeinträchtigen, wird der Zulauf zur Drossel mit einem Rechen, Stababstand 100 mm ausgestattet. Ein Geröllfang vor dem Zulauf hält größere Steine zurück. Rechen und Geröllfang können leicht über die neben dem Drosselschacht angeordnete Treppe erreicht werden. Das Drosselbauwerk selber wird durch ein 4-teiliges Gitterrost abgedeckt. Ein von der Abdeckung des Drosselschachtes aus bedienbarer Absperrschieber DN 250 ermöglicht den Ablauf aus dem Becken, falls sich die Drossel trotzdem verlegt haben sollte.

Das Stauziel wird durch die auf 307,10 m.ü NHN gezogene Zwischenwand zwischen Drosselkammer und Ablaufkammer sichergestellt. Diese Wand verhindert auch ein Überströmen eines Dammes, funktioniert somit als Notentlastungen, falls das Drosselorgan versagt.

Schwelle	
Zufluss $Q_{r, n=0,2}$	437,00 l/s
Schwellenlänge L =	2,30 m
Überfallbeiwert μ =	0,50 - breites Wehr
Überfallhöhe h_{μ} =	0,25 m

4.3.7 Ableitung zur südlichen Schwelme

Der Drosselabfluss wird über eine etwa 46 m lange Verrohrung DN 400 nach Norden in das angrenzende Waldgebiet geleitet, wo es in einem Graben zu Tage tritt. Im weiteren Verlauf in einer natürlichen Senke abfließend, bildet der Drosselabfluss mit dem natürlichen Abfluss einen Nebenarm der „Südlichen Schwelme“, mit der er unterhalb des Vorwärmbeckens zusammentrifft. Der Querschnitt wird zunächst auf etwa 1150 m mit einer Sohlbreite von $b = 0,5$ m und mit Böschungsneigungen von 1 : 2,5 gestaltet. Mit einem mittleren Sohlgefälle von $J_s = 10$ % und einem Stricklerwert von $k_{st} = 30$ m^{1/3} ergeben sich nach der Manning-Strickler-Formel

$$Q = A * R^{2/3} * J^{1/2} * k_{st}$$

folgende Wassertiefen:

- Abfluss Q_{dr} = 23 l/s Fließtiefe $h = 3$ cm
- Abfluss Q_{dr} = 133 l/s Fließtiefe $h = 11$ cm