

## Entwicklung und Wirksamkeit des Sedimentationsbeckens Bellin

Mit der Anlage eines Retentionsbeckens sollten die bisherigen Sedimenttransporte zum südöstlichen Ufer des Selenter Sees (Bellin), die insbesondere bei höheren Abflüssen im Gewässer 3.37 gegeben waren, vermieden werden. Dadurch sollten der Nährstoffeintrag in den See reduziert werden sowie der regelmäßig erforderliche Baggereinsatz im geschützten Erlenbruch- und Schilfbereich des Selenter Sees entfallen.

Das Einzugsgebiet des Gewässers 3.37 umfasst ca. 84 ha und gliedert sich in 12 ha Grünland und 42 ha Ackernutzung sowie einer Waldfläche von 25 ha und einem Siedlungsbereich von 5 ha (Abbildung 1).

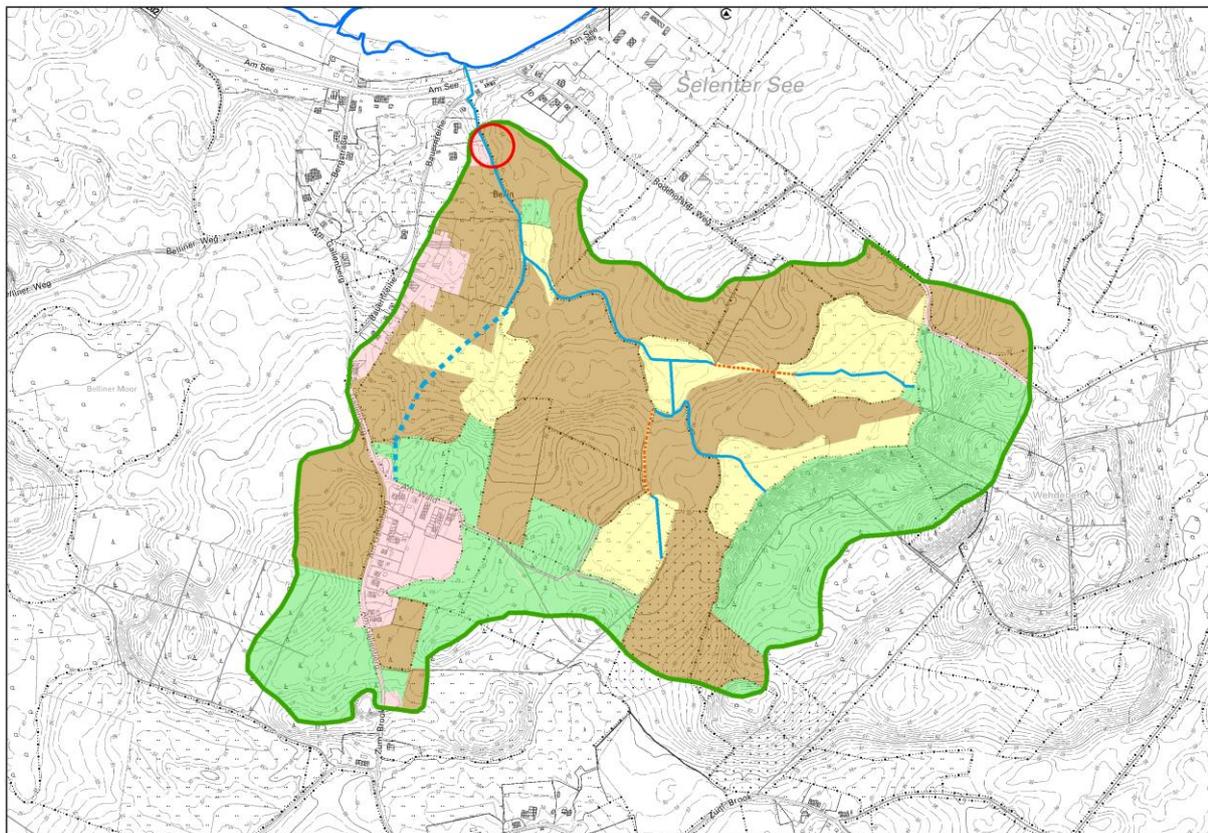


Abbildung 1: Einzugsgebiet des Sedimentationsbeckens  
(gelb = Grünland, braun = Acker, grün = Wald, rot = versiegelte Fläche)

Das Sedimentationsbecken wurde im Hauptschluss des Gewässers angelegt und im August 2015 fertiggestellt. Bodentransporte waren nicht erforderlich, da sich Aushub- und Auftragsmengen ausglich. Der beim Ausheben des Tiefenwasserbereiches anfallende Boden wurde zum Anheben der Fläche für das Schilfbeet (Abbildung 3) sowie zum Verfüllen des bisherigen Grabenbettes verwendet, so dass auf der Westseite des Beckens ein kleiner Längswall entstanden ist. Insgesamt wurden an Boden bei der Profilierung des Beckens ca. 200 m<sup>3</sup> abgeschoben sowie ca. 700 m<sup>3</sup> ausgehoben (Abbildung 2).



Abbildung 2: Links: Aushub des Sedimentationsbeckens; Rechts: Erstes Befüllen (König 2015)

Die ständige Wasserfläche des Sedimentationsbeckens ist ca. 410 m<sup>2</sup> groß und hat ein Volumen von anfangs rund 251 m<sup>3</sup>. Die größte Länge beträgt 35 m, die größte Breite 15 m und es wird eine Wassertiefe von max. 2 m erreicht. Die Tiefe von 2 m gewährleistet ein Absetzen für Korngrößen um 0,02 mm (Ingenieurbüro Heidelberg, Feb. 2015). An die Wasserfläche schließt eine Schilffläche von 155 m<sup>2</sup> an bevor der Ablauf über eine kleine Sohlgleite in Richtung See erfolgt (Abbildung 3).

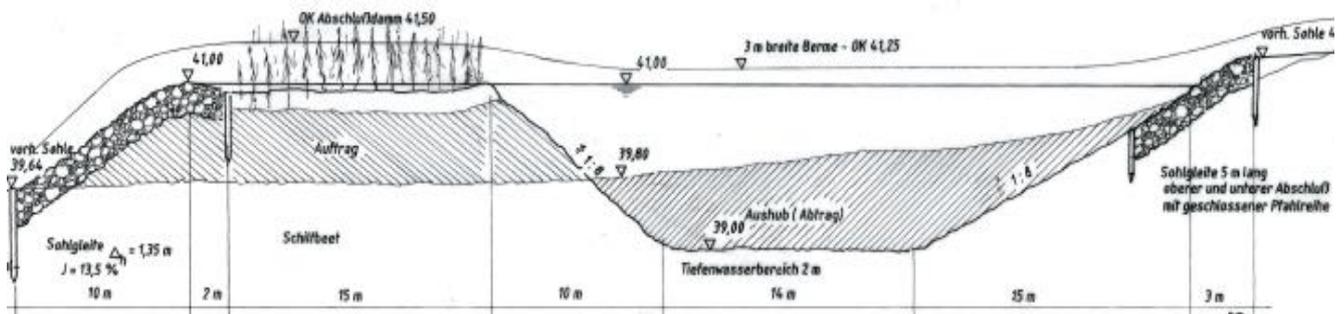


Abbildung 3: Querschnitt des Sedimentationsbeckens

### Das erste Jahr (September 2015 – Dezember 2016)

Aus Sicht des Seenschutzes soll grundsätzlich mit Sedimentationsbecken der Nährstoff Phosphor zurückgehalten werden, da das Wachstum von Phytoplankton durch Phosphor limitiert wird. Hier soll der partikulär gebundene Phosphor bis zu einer bestimmten Korngröße im vorderen tiefen Teil des Beckens und partikulärer (Rest)Phosphor sowie gelöster Phosphor (Phosphatphosphor) durch biologische Prozesse und Adsorption im nachgeschalteten horizontal durchströmten Schilfboot aus dem Wasser entfernt werden. Nachfolgend werden die verschiedenen Phosphorfractionen im Zu- und Ablauf des Sedimentationsbeckens Bellin gegenübergestellt (Abbildung 4).

Im Zeitraum Mitte September 2015 bis Mitte November 2016 wurden der Zulauf und der Ablauf des Beckens in der Regel alle zwei Wochen beprobt. Die Wasserproben wurden hinsichtlich der Parameter Leitfähigkeit, pH-Wert, Ges. Phosphor (unfiltriert/filtriert), Orthophosphat, Ges. Stickstoff (unfiltriert), Ammoniumstickstoff, Nitratstickstoff analysiert.

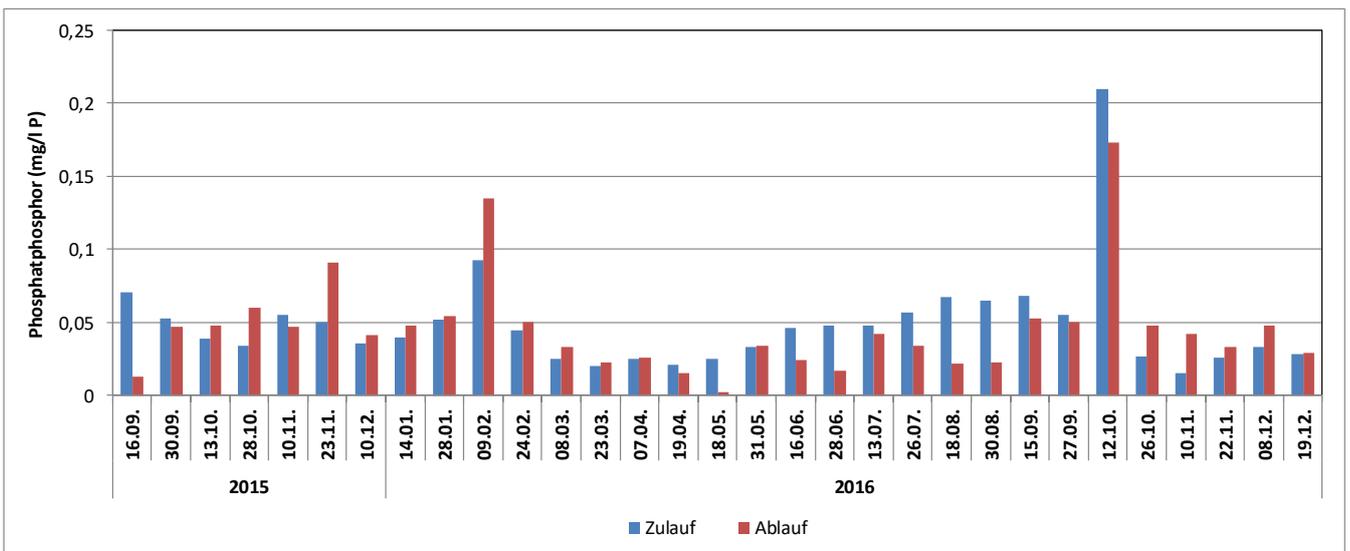
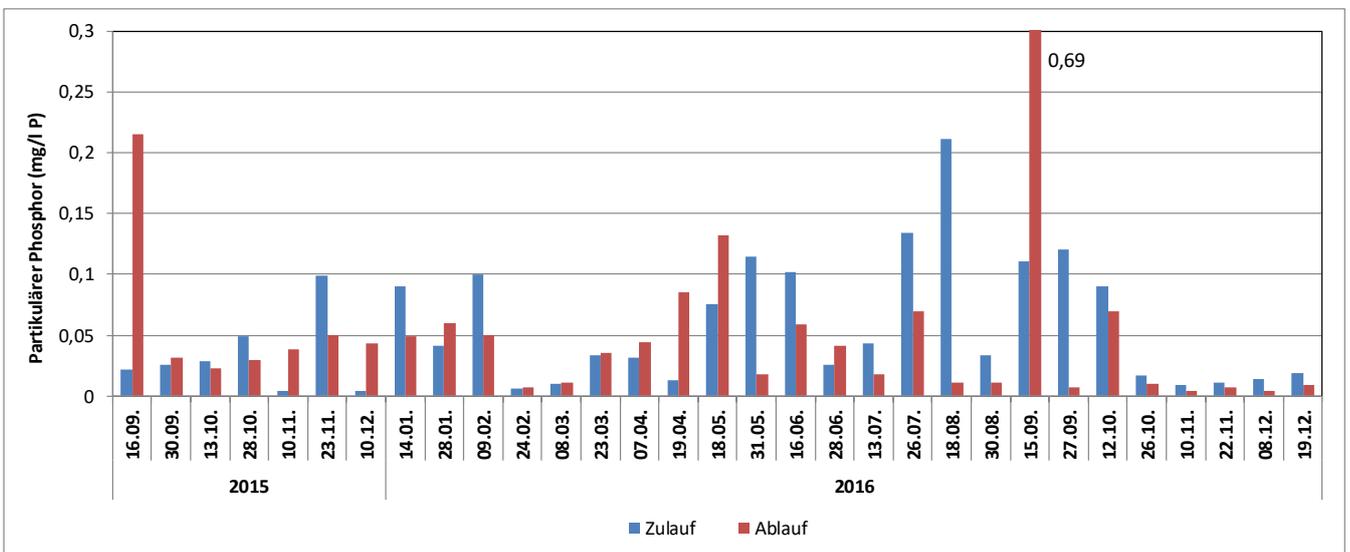
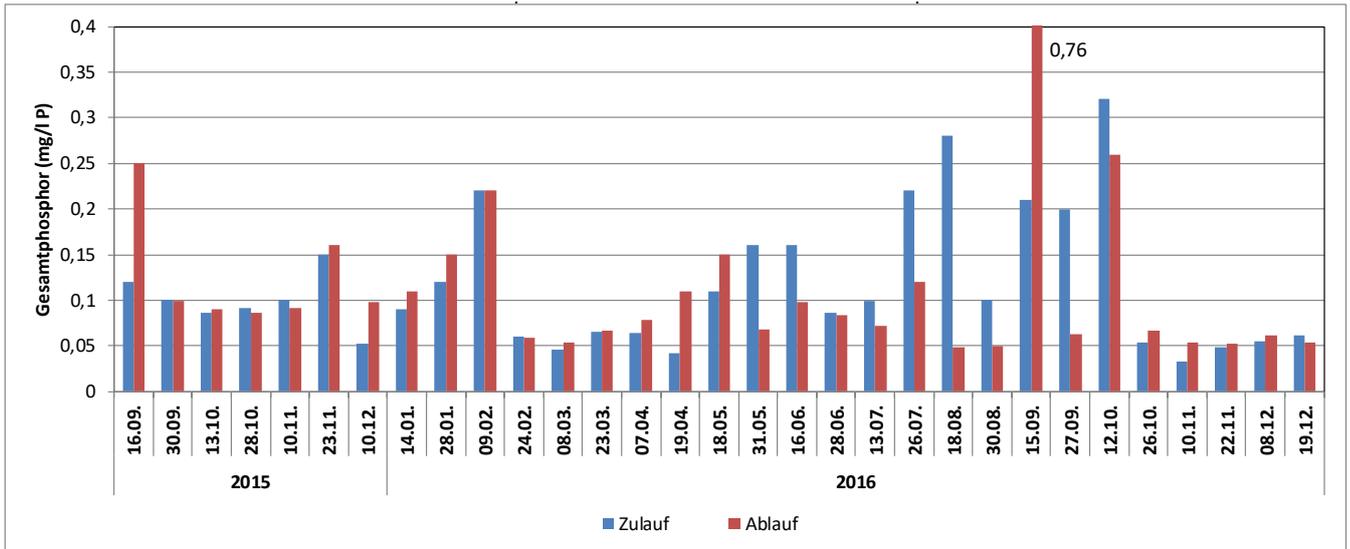


Abbildung 4: Phosphorkonzentrationen (Gesamt-, Partikulär-, und Phosphatphosphor) im Zu- und Ablauf des Sedimentationsbeckens 2015/2016

Von den insgesamt 31 Messtagen hat an etwa der Hälfte der Termine ein Rückhalt an partikulär gebundenem Phosphor (18) und an gelöstem Phosphor (14) stattgefunden. Die Termine deckten sich nicht immer, beide Fraktionen zusammen waren lediglich an 7 Tagen reduziert. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass bis Mitte Mai überwiegend kein Rückhalt stattgefunden hat, was wohl auf die Mobilisierung von Nährstoffen durch die Bodenbewegung (s.o.) beim Bau des Beckens zurückzuführen ist. Weiterhin hat sich die Schilfanpflanzung nicht wie geplant entwickelt, so dass hier ebenfalls nicht vom dem theoretisch möglichen Rückhalt (s.o.) auszugehen ist.

Auffällig waren der 15.9.2016 hinsichtlich der relativ hohen Konzentration an partikulärem Phosphor im Ablauf sowie der 12.10.2016 wegen ungewöhnlich hoher Konzentrationen des gelösten Phosphors im Zu- und Ablauf.

Zur möglichen Interpretation der Geschehnisse wurden Niederschlagsdaten der Station Bauersdorf ISCHLESW77 (Wunderground.com) herangezogen, da die Station nur etwa 1 km von dem Sedimentationsbecken entfernt liegt.

Anhand der Aufzeichnungen war dokumentiert, dass am 15.9., wie auch am Tag vorher kein Niederschlag gefallen ist. Fast der gesamte Phosphor der zum Abfluss kam war partikulär gebunden. Ein „Hochwasserereignis“, das bereits sedimentierte Teilchen mitgerissen haben könnte, kann jedoch ausgeschlossen werden.

Am 12.10. waren 13 mm, am Tag zuvor 25 mm Niederschlag zu verzeichnen. Die Gesamtposphorkonzentrationen an Zu- und Ablauf waren mit etwa 0,3 mg/l P relativ hoch, der partikuläre Phosphor war daran zu einem Drittel beteiligt, während gelöster Phosphor in hoher Konzentration zu- und abgeflossen war.

Auffällig waren außerdem der 26.7. und insbesondere der 18.8., wo im Zulauf neben hohen Konzentrationen an Gesamtposphor - der hauptsächlich partikulär vorlag – Ammonium mit über 0,3 mg/l Ammoniumstickstoff (18.8.) vorlag. Möglicherweise war es hier zu Einträgen von Gülle aus der landwirtschaftlichen Flächennutzung in den oberhalb der Messstelle gelegenen Zulauf gekommen.

In den Sommermonaten entwickelten sich Fadenalgen im Sedimentationsbecken, im Juli war davon der hintere Teil im Bereich des Schilfes (Abbildung 5, links) betroffen, im August war die gesamte Wasserfläche bedeckt (Abbildung 5, rechts). Dabei handelte es sich um Zusammenballungen von Grünalgen der Gattung *Cladophora*, die oft lange, meist an festem Substrat angeheftet wachsende Fäden bilden, die später meistens aufschwimmen. In jedem Fall ist dies als Zeichen übermäßig vorhandener Nährstoffe bzw. auch von Nährstoffrückhalt im Becken zu sehen. In beiden Monaten waren die Gesamtposphorkonzentrationen im Zulauf auffällig hoch. Ein weiterer Faktor für das Fadenalgenwachstum ist das gute Lichtangebot.



Abbildung 5: Links: Fadenalgenentwicklung im Juli; Rechts: Fadenalgenentwicklung im August (König 2016)

Während nach einem Jahr noch unklar war, ob im Sedimentationsbecken in der Summe ein Rückhalt von Phosphor stattfindet (siehe Seite 4), sah es **2017** folgendermaßen aus:

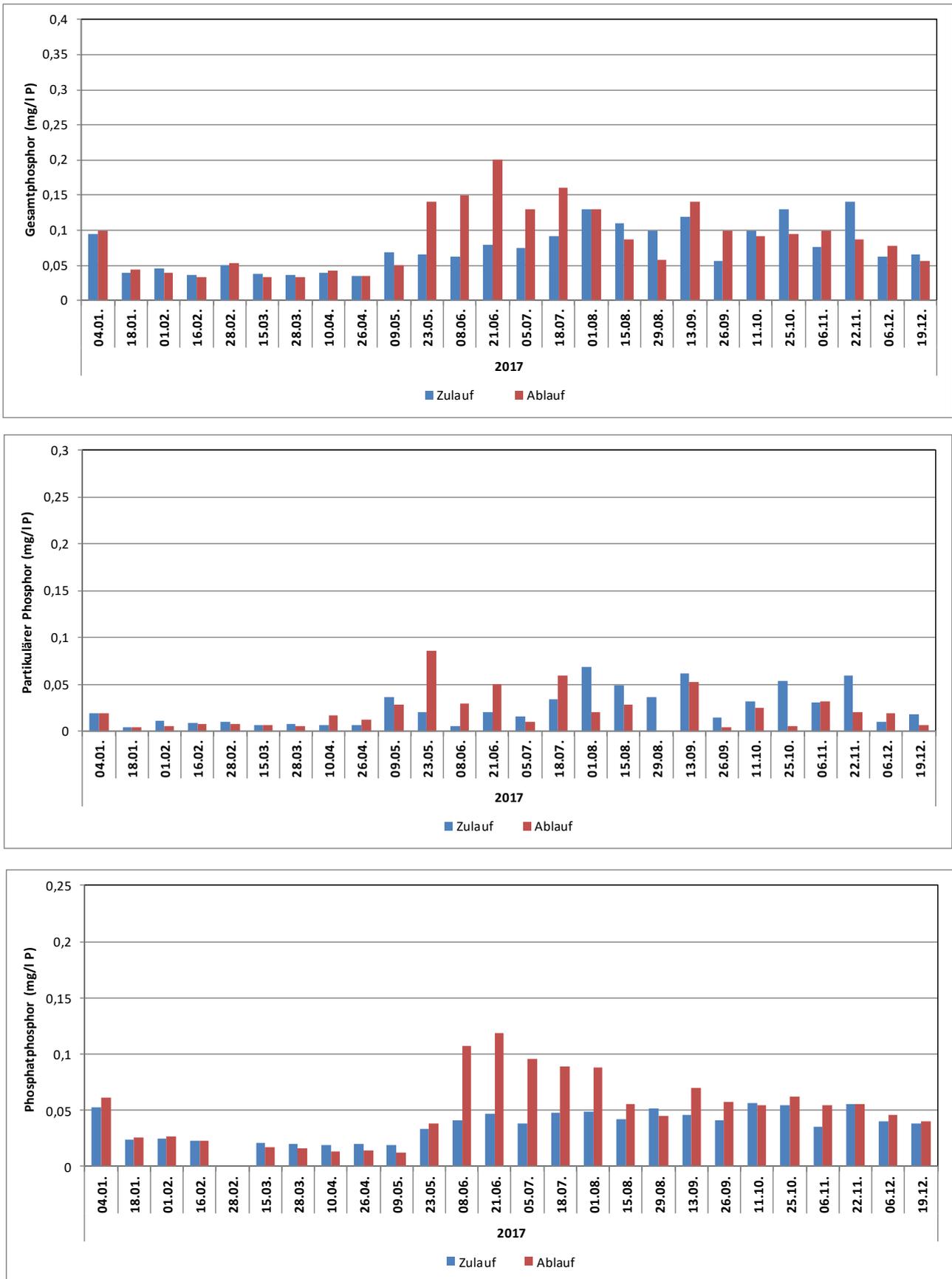


Abbildung 6: Phosphorkonzentrationen (Gesamt-, Partikulär-, und Phosphatphosphor) im Zu- und Ablauf des Sedimentationsbeckens 2017

Die Gesamt-Phosphor-Konzentrationen im Zulauf des Beckens lagen sowohl im Winterhalbjahr 2016/17, als auch im Sommerhalbjahr 2017 im Mittel nur etwa halb so hoch wie in den entsprechenden Vorjahreszeiträumen. Erklären lässt sich dies durch die höheren Niederschlagsmengen in 2017. Die vermutlich höheren Zuflussmengen haben eine geringere Konzentration an Phosphor bewirkt.

Vergleicht man die Konzentrationen im Zulauf mit denen des Ablaufs, so waren im Winterhalbjahr 2016/17 die mittleren Phosphorkonzentrationen mit 0,04 mg/l P gleich. Hingegen war im Sommerhalbjahr 2017 die mittlere Ablaufkonzentration (0,12 mg/l P) höher, als die des Zulaufs (0,09 mg/l P).

Bei insgesamt 26 Probenahmen 2017 (Abbildung 6) gelangte Gesamtphosphor an 11 Tagen in niedrigerer Konzentration zum Ablauf, an 2 Tagen waren die Zu- und Ablaufkonzentrationen gleich. An 14 Tagen hatte ein Rückhalt an partikulär gebundenem Phosphor stattgefunden, an gelöstem Phosphor sogar nur an 7 Tagen. Insbesondere in den Monaten Juni bis Anfang August zeigte sich gelöster Phosphor in hohen Ablaufkonzentrationen, die doppelt so hoch waren wie die des Zulaufs. Von Mai bis Juli wurde auch partikulär gebundener Phosphor überwiegend nicht zurückgehalten. In diesem Jahr waren die Monate Juni und Juli sehr niederschlagreich, so dass hier sicherlich ein Zusammenhang gegeben ist. Möglicherweise haben zudem interne Phosphor-Rücklösungsprozesse aus dem bereits sedimentierten Material im Tiefenbereich des Beckens stattgefunden.

Auch in diesem Jahr war die Wasseroberfläche weitgehend mit Fadenalgen (Abbildung 7) bedeckt.

Im Südosten gab es Entwicklungen von Breitblättrigem Rohrkolben *Typha latifolia*, die nährstoffreiche Verhältnisse anzeigten (Abbildung 7). Am gesamten östlichen Uferbereich hatte sich Erlenjungwuchs etabliert, d.h. auch die 3 m breite Berme, zwischen dem Grünland und dem Gewässerrand, die für spätere Unterhaltungsarbeiten angelegt worden war, war besiedelt worden.



Abbildung 7: Breitblättriger Rohrkolben (etwa Bildmitte) am südöstlichen Ufer (Lang Juni 2017)

Das gepflanzte Schilf hatte sich im ersten Jahr nicht zufriedenstellend entwickelt, daher sollte die Ausbreitung nach dem Frühjahr 2017 erneut geprüft und ggfs. eine Nachpflanzung in Betracht gezogen werden. Bei einer Begutachtung im Mai 2017 zeigte sich jedoch im Bereich des Ablaufs, dass sich großflächig Flutender Schwaden *Glyceria fluitans* angesiedelt hatte (Abbildung 8). Das „Wassergras“ gehört zur Familie der Süßgräser und es ist davon auszugehen, dass es hier die Filterwirkung des lückigen Röhrichts ergänzt. Zudem hatte sich am nordöstlichen Uferrand zwischen Schilf und Schwaden ebenfalls Breitblättriger Rohrkolben *Typha latifolia* angesiedelt (Abbildung 9).



Abbildung 8: Flutender Schwaden am Auslauf des Sedimentationsbeckens (Lauch Mai 2017)



Abbildung 9: Breitblättriger Rohrkolben (linker Bildrand) am nordöstlichen Uferrand des Sedimentationsbeckens (Lang 2017)

**2018** war es insgesamt sehr trocken, so dass von August bis zum Jahresende am Sedimentationsbecken Bellin kein Abfluss zu verzeichnen war. Während andere kleinere Zuläufe landesweit bereits trocken waren, konnte hier der Zulauf aus dem relativ kleinen Einzugsgebiet jedoch das ganze Jahr über beprobt werden, was auf einen Grundwasserzustrom schließen lässt. Bis zum 30.7. wurden an 15 Terminen Zu- und Abflusskonzentrationen erfasst (Abbildung 10).

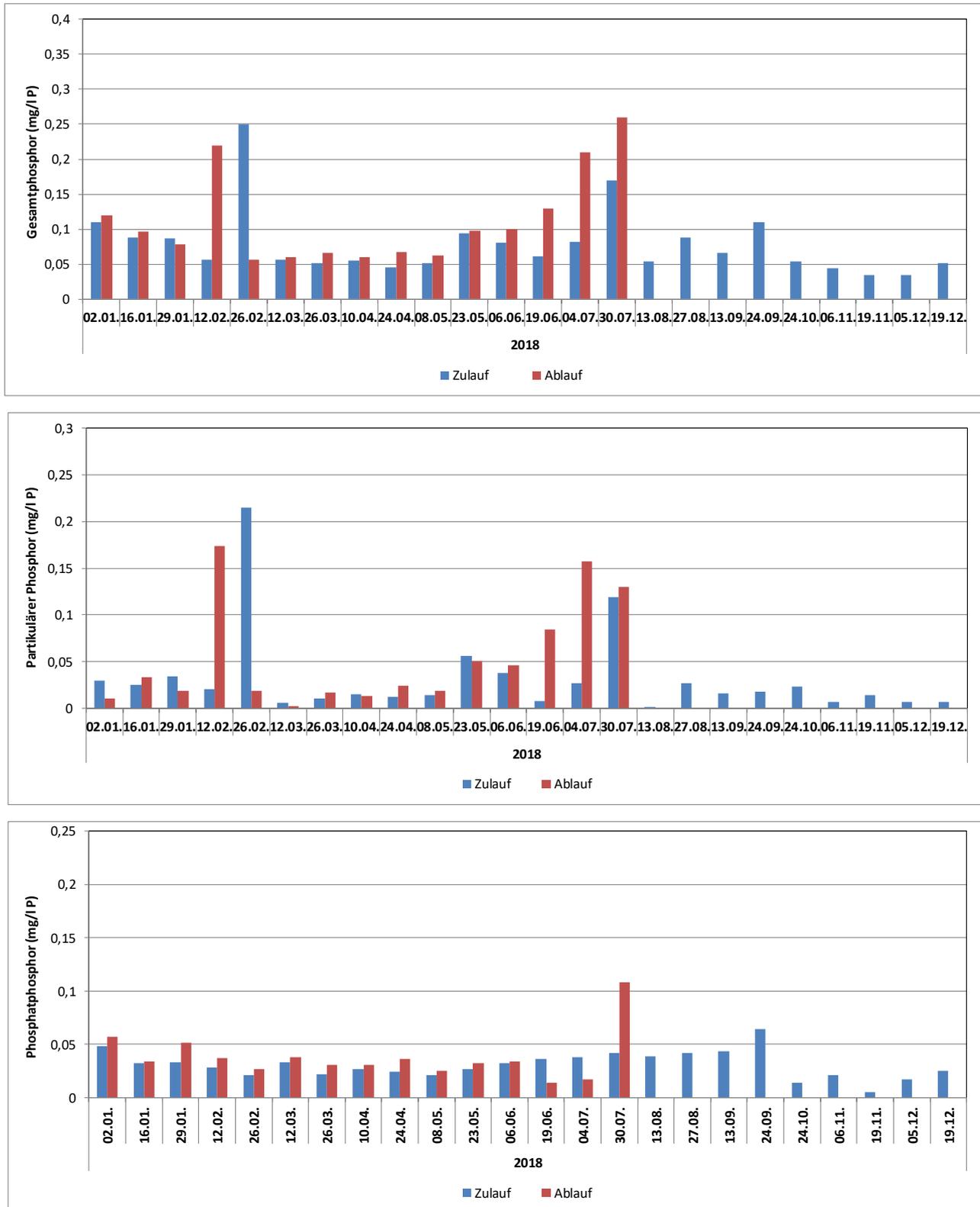


Abbildung 10: Phosphorkonzentrationen (Gesamt-, Partikulär-, und Phosphatphosphor) im Zu- und Ablauf des Sedimentationsbeckens 2018

Von den insgesamt 15 Probenahmen gelangte Gesamtphosphor an lediglich zwei Tagen in niedrigerer Konzentration zum Ablauf. An nur 5 Tagen hatte ein Rückhalt an partikulär gebundenem Phosphor stattgefunden, an gelöstem Phosphor sogar nur an 2 Tagen.

Die Gesamt-Phosphorkonzentrationen im Zulauf waren im Winterhalbjahr 2017/18 (1.11. – 30.4.) etwa doppelt so hoch wie die des Winterhalbjahres 2016/17 (0,047 mg/l).

Insbesondere in den Monaten Juni und Juli waren die Ablaufkonzentrationen von partikulär gebundenem Phosphor auffällig hoch.

## Fazit

Grundsätzlich erfolgten Probenahmen an Zu- und Ablauf des Sedimentationsbeckens Bellin im Zeitraum September 2015 bis Dezember 2018 alle zwei Wochen. Insgesamt ergeben sich über den Zeitraum Januar 2016 bis Juli 2018 im Mittel folgende Konzentrationen:

	Zulauf	Ablauf
<b>Gesamtphosphor (mg/l)</b>	0,095	0,105
<b>Partikulärer Phosphor (mg/l)</b>	0,042	0,044
<b>Phosphatphosphor (mg/l)</b>	0,040	0,046

Die Gesamt-Phosphorkonzentrationen, die das Sedimentationsbecken aus dem Einzugsgebiet erreicht haben, waren 2016 mit 0,12 mg/l vergleichsweise hoch, 2017 und 2018 lagen die Gesamt-Phosphorkonzentrationen mit 0,075 mg/l bzw. 0,078 mg/l um durchschnittlich 40 % niedriger. Ein Zusammenhang mit Niederschlagsereignissen scheint sich, über das Jahr gesehen, hierbei auszugleichen, da 2017 mit insgesamt 843 mm wesentlich höhere Niederschlagsmengen zu verzeichnen waren als 2018 mit nur 542 mm (HydroNet.com). Betrachtet man hingegen nur die Winterhalbjahre (1.11. – 30.4.), so wurden im niederschlagsreichen Winterhalbjahr 2017/18 Gesamt-Phosphorkonzentrationen im Zulauf im Mittel von 0,088 mg/l festgestellt, d.h. etwa doppelt so hohe Konzentrationen wie im Vergleichszeitraum 2016/17.

Der Rückhalt an gelöstem Phosphor war insgesamt eher nicht zufriedenstellend. Lediglich 2016 im ersten Jahr des Betriebes konnte von Juni bis September durchgehend eine Reduzierung festgestellt werden. Auffällig waren z.B. die hohen Ablaufkonzentrationen von Juni bis Anfang August 2017. Trotz der 2017 insgesamt niedrigen Zulaufkonzentrationen an Gesamt-Phosphor (s.o.), lag die durchschnittliche Ablaufkonzentration an gelöstem Phosphor mit 0,05 mg/l sogar höher als 2016 mit 0,04 mg/l.

2018, einem insgesamt sehr trockenen Jahr (s.o.), waren hingegen in den Monaten Juni und Juli die Ablaufkonzentrationen von partikulär gebundenem Phosphor auffällig hoch.

Das Gesamtbild zeigt:

	2016	2017	2018
Tage mit Rückhalt partikulär P	63 %	53 %	33 %
Tage mit Rückhalt gelöstem P	45 %	27 %	13 %

Demnach war bei dieser tageweisen Betrachtung die größte Wirksamkeit 2016 gegeben, wo der meiste Rückhalt sowohl beim partikulär gebundenen Phosphor, als auch beim gelösten Phosphor stattfand. Im niederschlagreichen Jahr 2017 wurde insbesondere gelöster Phosphor schlecht zurückgehalten, im trockeneren Jahr 2018 lag der Rückhalt beider Fraktionen am niedrigsten.

Die jahresweise Darstellung des Gesamtphosphors in den Fraktionen partikulär gebundener Phosphor sowie gelöstem Phosphor - als anorganisch gelöstem Phosphatphosphor und den sonstigen gelösten Phosphorbestandteilen - zeigt ebenfalls, dass insbesondere 2017 und 2018 (erstes Halbjahr) die gelösten Fraktionen im Mittel im Ablauf höher lagen als im Zulauf.

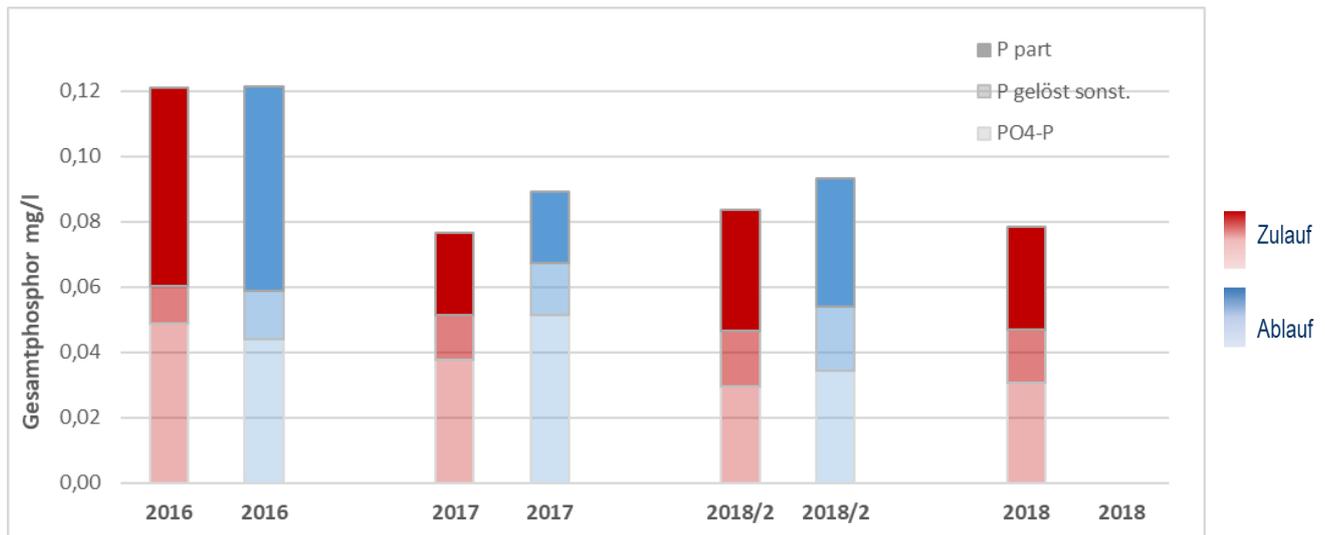


Abbildung 11: Jahresmittelwerte der Phosphorfraktionen im Zu- und Ablauf des Sedimentationsbeckens

Insgesamt gesehen fand ein Phosphorrückhalt im Retentionsbecken Bellin kaum statt. Ursächlich ist die relativ geringe Größe des Beckens mit 400 m<sup>2</sup>, entsprechend 0,05 % der Einzugsgebietsgröße und die somit kurze theoretische Wasseraufenthaltszeit von nur 1,5 Tagen. Nach Feuerbach und Strand (2010) sollte die Beckengröße so angelegt werden, dass sie 0,5 – 1 % - bezogen auf die Einzugsgebietsgröße - beträgt. Die theor. Wasseraufenthaltszeit sollte dabei möglichst 3 Tage betragen.

Zeitweise haben wohl auch interne Phosphor-Rücklösungsprozesse aus dem bereits sedimentierten Material im Tiefenbereich des Beckens stattgefunden (siehe z.B. Abbildung 6, Juni bis August 2017) und zu höheren Ablaufkonzentrationen an gelöstem Phosphor geführt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass jährlich schätzungsweise eine Sedimentation von ca. 5 cm Höhe erfolgt, d.h. bisher etwa 15 - 20 cm abgelagert wurden.

Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass zusätzlich zu dem sedimentierenden Material aus dem Einzugsgebiet bei dem relativ kleinen Sedimentationsbecken sicherlich Phosphor- Einträge aus dem Laub der unmittelbar am westlichen Ufer stehenden großen Bäume eine Rolle spielen.

Bei einer Tiefe des Sedimentationsbeckens von max. 2 m, die für das Absetzen von Korngrößen von 0,02 mm als hinreichend berechnet wurde, sollte daher frühzeitig eine Prüfung und evtl. Entnahme des abgelagerten Materials eingeplant werden, um zumindest die Funktion als Sandfang weiter zu gewährleisten.