

WEITERGEHENDE PHOSPHORELIMINATION MITTELS KOMBINIERTER FÄLLUNG UND FLOCKUNGSFILTRATION AM BEISPIEL BRAUEREIABWASSER

Dieter Schreff

1 Phosphor im Zulauf und im Ablauf von Kläranlagen

Zur Umsetzung der Forderungen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurden flussgebietsbezogene Maßnahmenprogramme aufgestellt. Darin enthalten sind u.a. weitergehende Anforderungen für punktuelle Belastungen (z.B. Verringerung des Nährstoffeintrags aus Abwassereinleitungen), um eine Verbesserung der Gewässergüte zu erreichen. Derart immissionsbezogene Betrachtungen sind bereits gängige Praxis bei der einzelfallbezogenen Festlegung von Einleitungswerten. Das hierfür zutreffende Merkblatt Nr. 4.4/22 (Bay. LfU, 2008) wird diesbezüglich überarbeitet.

In der Diskussion ist insbesondere eine weitergehende Verringerung des Phosphoreintrags durch Abwassereinleitungen aus kleineren Kläranlagen. Die AbwV (Anhang 1) sieht Mindestanforderungen bezüglich Phosphor erst ab Größenklasse GK 4 ($P_{\text{ges}} < 2 \text{ mg/l}$) bzw. GK 5 ($P_{\text{ges}} < 1 \text{ mg/l}$) vor. Für Kläranlagen unter 10.000 EW wird eine gezielte Phosphorelimination derzeit nur in Einzelfällen nach entsprechenden Immissionsbetrachtungen gefordert.

Diese Situation spiegelt sich zwangsläufig im aktuellen Leistungsvergleich für Bayern wieder (DWA, 2012). Anforderungsgemäß haben größere Kläranlagen geringe Ablaufkonzentrationen ($< 0,7 \text{ mg/l } P_{\text{ges}}$). Hier wurden in den letzten 30 Jahren entsprechende Maßnahmen erfolgreich umgesetzt, um die Mindestanforderungen einzuhalten.

Überraschender ist die Tatsache, dass die nach Jahresabwassermenge gewichteten Mittelwerte der Phosphorkonzentrationen in den letzten 10 Jahren nur in geringem Maß, von 1,0 auf 0,9 mg/l P_{ges} , gesunken sind.

Dies ist vorwiegend auf die Situation bei kleineren Anlagen zurückzuführen, die im Hinblick auf die Umsetzung der WRRL damit verstärkt in den Fokus geraten sind.

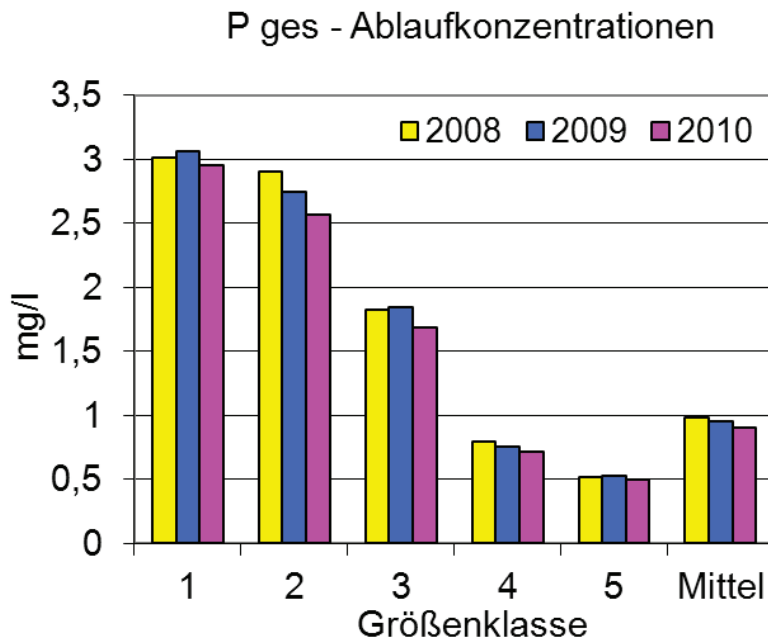


Abbildung 1: Vergleich der gewichteten Phosphorkonzentrationen im Ablauf bayerischer Kläranlagen von 2008 bis 2010, aus: Leistungsvergleich 2010, DWA Bayern (2012)

Mittelwerte mg/l									
	Arithmetisches Mittel					JAM-gewichtet			
	94	99	2007	2008	2010	2002	2003	2008	2010
N_{ges}	16,1	12,8	10,6	11,3	10,3	10,2	10,5	8,5	7,8
P_{ges}	2,7	2,5	2,5	2,7	2,4	1,0	1,1	0,98	0,90

Abbildung 2: Vergleich der Nährstoffkonzentration im Ablauf bayerischer Kläranlagen, aus: Leistungsvergleich 2010, DWA Bayern (2012)

In aktuellen Quellen (UBA, 2012) finden sich Hinweise, dass durch die zunehmende Verwendung phosphatfreier Waschmittel ab den Siebziger Jahren zunächst eine signifikante Senkung der Phosphatfrachten bis Beginn der Neunziger erreicht wurde. Seither wird wieder eine "stille" Zunahme der Phosphatfrachten im Abwasser v.a. durch Maschinenspülmitteln beobachtet.

Rein rechnerisch liegen die Zulaufkonzentrationen im kommunalen Abwasser zwischen 5 und 14 mg/l P_{ges} , wenn man von einer spezifischen P-Fracht von 1,8 g/EW x d und Fremdwasseranteile zwischen 0 bis 60 % ansetzt.

Eine aktuelle Auswertung der DWA (2012) spiegelt diese Zahlen wieder, wobei hier für Bayern eine mittlere Zulaufkonzentration von 7,5 mg/l P_{ges} vermerkt ist. Die zugehörige, mittlere Ablaufkonzentration beträgt 0,9 mg/l P_{ges} . Dies entspricht einem aktuellen, mittleren Abbaugrad von 88 %.

Um die Güteziele der WRRL gebietsbezogen zu erreichen, werden für die betroffenen Kläranlagen verschärfte Anforderungen erwartet. Dies kann - je nach Gewässersituation - für kleinere Anlagen (GK 1 bis 3) die Einführung eines Anforderungswerts für Phosphor bedeuten. Für größere Anlagen (GK 4 und 5) können entsprechende Optimierungsmaßnahmen notwendig werden.

2 Verfahren zur Phosphorelimination auf Kläranlagen

2.1 Chemische Phosphorelimination durch Fällung

Die Entfernung von Phosphor aus dem Abwasser kann durch biologische und/oder chemisch-physikalische Bindungsmechanismen erfolgen. Die Phosphorentnahme erfolgt anschließend mit dem (Klär-)Schlamm. Auf die biologische Phosphorelimination wird in einem gesonderten Kapitel eingegangen.

Die chemisch-physikalische P-Elimination wird durch Fällung und Flockung erreicht. Vereinfacht versteht man unter Fällung die Umwandlung von gelösten Abwasserinhaltsstoffen (Phosphat) durch eine Reaktion mit Metallsalzen (Eisen, Aluminium, Calcium, u.a.) in unlösliche, reaktionsstabile Verbindungen.

Flockung ist die Agglomeration (Koagulation) von feinsten Partikeln durch verschiedene physikalische Vorgänge zu Mikro- bzw. Makroflocken, die beispielsweise durch Sedimentation aus der Flüssigphase abgeschieden werden können.

Weitergehende Informationen zu den chemisch-technischen Grundlagen der Fällung, der Auswahl von Fällmitteln sowie zur Lager- und Dosiertechnik können dem aktuellen DWA-Arbeitsblatt A 202 (2011) entnommen werden.

Verfahrenstechnische gesehen besteht ein System zur chemischen Fällung von Phosphor somit immer aus drei Komponenten: Fällmittelzugabe (Dosierstelle), Flockungsbereich und Phasentrennung bzw. Feststoffabscheidung (Absetzbecken, Sandfilter).

Der Fällmittelbedarf resultiert aus der zu fällenden Phosphatfracht unter Berücksichtigung eines überstöchiometrischen Faktors (β -Wert) und dem Wirkstoffanteil im eingesetzten Fällmittel. Bei Fällmittelüberschuss können sich leichte, schwer abscheidbare Hydroxidflocken bilden. Daher ist es wichtig, an welcher Stelle bzw. zu welchem Zeitpunkt (beim SBR-Verfahren!) und mit welcher Intensität die Fällmittelzugabe in das Abwasser-Schamm-Gemisch erfolgt.

Eine bedarfsabhängige Zugabe von Fällmittel wird durch die Anwendung von Automatisierungstechnik (Steuerung und Regelung) angestrebt. Dies führt i.d.R. auch zu einem wirtschaftlicheren Einsatz von Fällmitteln. Bei einer Zwei-Punkt-Fällung kann die Automatisierung auf eine Dosierstelle beschränkt werden (DWA, 2011).

Weitergehende Informationen zur Automatisierungstechnik bei der chemischen Phosphatelimination können dem DWA-Merkblatt M 206 (2001) entnommen werden.

Bei der Zugabe von Fällmittel zur Phosphorelimination kommt es zu einer Reihe von Begleiteffekten, die sich positiv (z.B. Bläschlammverminderung durch Sulfidfällung) oder auch negativ (z.B. Verringerung der Säurekapazität) auf das Gesamtsystem auswirken können.

Grundsätzlich kann zwischen Vorfällung, Simultanfällung und Nachfällung unterschieden werden:

Vorfällung

Die Fällmittelzugabe erfolgt in das Rohabwasser (z.B. Ablauf Sandfang), die Flockung erfolgt im Zulaufgerinne zur Vorklärung und dort erfolgt die Abscheidung des Fällschlammes zusammen mit dem Primärschlamm (Abbildung 3).

Zu beachten ist hierbei, dass diese Art der "vorgezogenen" Phosphatelimination aufgrund nachfolgender Prozesse (z.B. Rücklösung) nicht geeignet ist, um sehr niedrige P-Ablaufkonzentrationen einzuhalten. Parallel zur Phosphatfällung führt eine Vorfällung i.d.R. auch zur Mitfällung von CSB, eine gängige Praxis in Skandinavien.

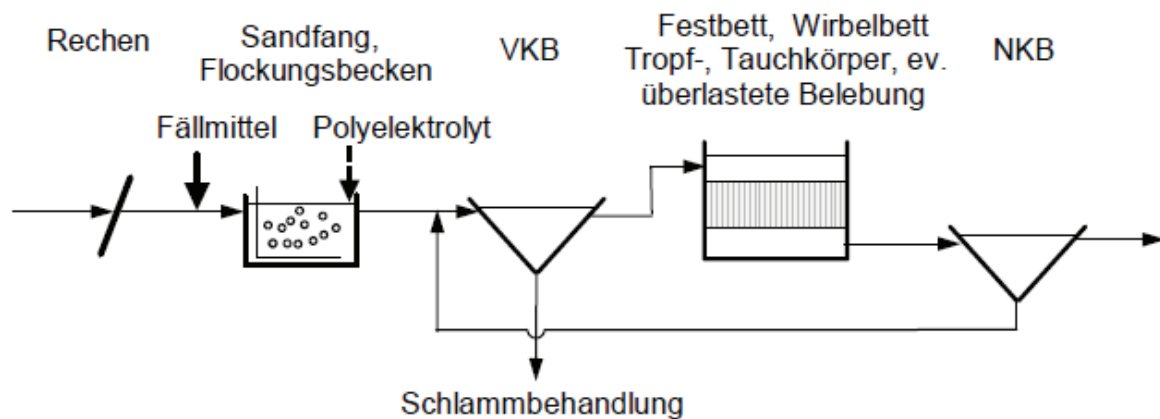


Abbildung 3: Schematische Darstellung und Einsatzbereiche der Vorfällung (aus: EAWAG, 2008)

Bisweilen wird vermutet, dass es hierbei zu einer P-Limitierung für nachfolgende biologische Prozesse kommen. Bestätigt ist diese These jedoch nicht (Hahn, 2004).

Trotzdem kommt dieses Verfahren eher bei hohen Phosphatfrachten (z.B. erhöhte industrielle Anteile im kommunalen Rohabwasser) als erster Teilschritt zur Anwendung, aber auch wenn eine Reduzierung des CSB zur Entlastung nachfolgender biologischer Stufen erreicht werden soll (z.B. saisonale Überlastung).

Bei Industrieabwässern wird die Vorfällung oft zur Sulfidfällung genutzt, um nachfolgende Prozesse von unnötigen, schwefelbürtigen Auswirkungen (u.a. Geruch, Blähschlamm, etc.) zu schützen.

Simultanfällung

Die Simultanfällung kommt nur beim Belebungsverfahren zum Einsatz. Die möglichen Dosierstellen zeigt Abbildung 4, wobei sehr oft der Ablaufbereich des Belebungsbeckens genutzt wird. Überschüssiges Fällmittel wird bei diesem Verfahren durch den Rücklaufschlamm im Kreislauf einer weiteren Nutzung zugeführt. Überdies entsteht dadurch eine puffernde Wirkung auf Phosphatspitzen im Beckenzulauf.

Die Abtrennung der Fällungsprodukte erfolgt hier in der Nachklärung; die Entnahme zusammen mit dem Überschussschlamm. Bei einem funktionierenden Nachklärbecken ($AFS < 10 \text{ mg/l}$) ist die Einhaltung eines P_{ges} -Wert im Ablauf unter $1,0 \text{ mg/l}$ i.d.R. möglich.

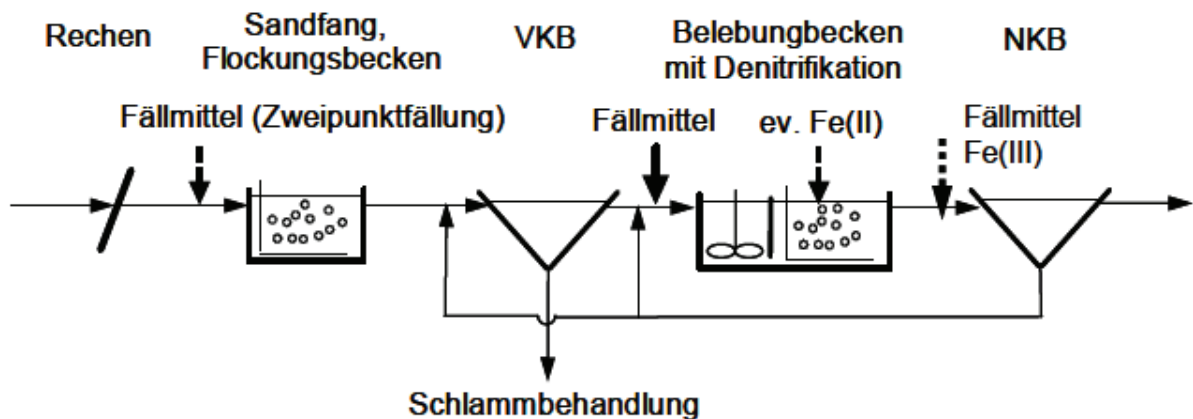


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Dosierstellen bei der Simultanfällung (aus: EAWAG, 2008)

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass 1 mg/l an abfiltrierbaren Stoffen (AFS) im Ablauf Nachklärung zu einer Erhöhung des Phosphorwerts um 0,025 bis 0,035 mg/l P_{ges} führt. Somit ist auch bei gut funktionierender Nachklärung (z.B. 10 mg/l AFS) bereit mit ca. 0,3 mg/l $P_{\text{ungelöst}}$ zu rechnen.

Der gelöst vorliegende Anteil (z.B. ortho-Phosphat) dürfte im Fall eines Grenzwerts von 0,5 mg/l P_{ges} dann höchstens 0,2 mg/l $\text{PO}_4\text{-P}$ betragen. Die hierfür erforderliche, stöchiometrisch überhöhte Fällmitteldosierung kann hier kontraproduktiv sein, da es zur Bildung schwer abtrennbarer Hydroxidflocken kommen kann, die wiederum den P_{ges} -Wert im Ablauf verschlechtern.

Nachfällung und Flockungsfiltration

Genau aus diesem Grund wird oftmals eine Nachfällung, in Kombinationen mit der Vor- oder Simultanfällungeingesetzt. Diese kommt dann i.d.R. nur in Verbindung mit einer Flockungsfiltration zum Einsatz, um den Anteil an abfiltrierbaren Stoffen zu begrenzen (Abbildung 5). Als alleinige Fällungsstufe kommt dieses Konzept aufgrund des hohen Fällschlammanfall in den Filtern üblicherweise nicht zum Einsatz (ca. 4 – 5 $\text{g}_{\text{TS}}/\text{g}_{\text{P}}$ bei eisenhaltigem Fällmittel).

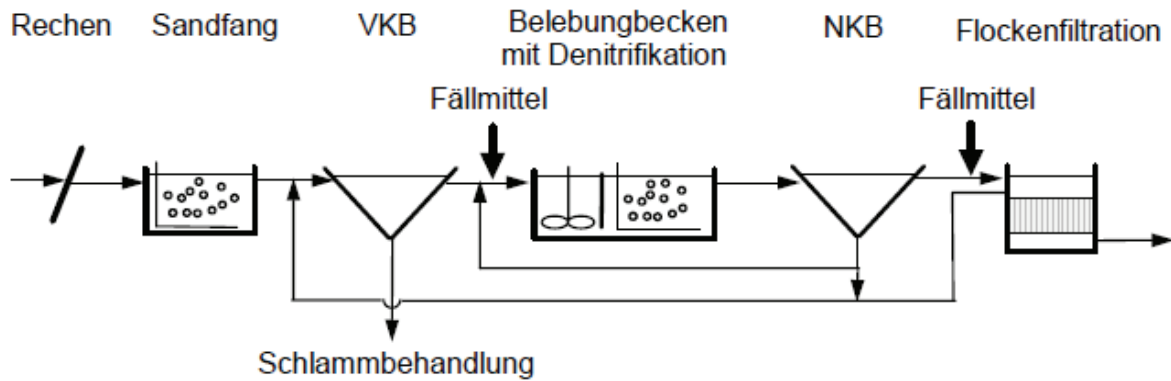


Abbildung 5: Schematische Darstellung einer kombinierten Fällmitteldosierung bestehend aus Simultanfällung und Flockungsfiltration (aus: EAWAG, 2008)

Die P-Zulaufkonzentrationen zu einer Nachfällung oder Flockungsfiltration bewegen sich üblicherweise deutlich unter 2 mg/l. Aufgrund dieser vergleichsweise geringen Konzentrationen ist eine signifikant überstöchiometrische Fällmittelzugabe (β -Wert > 2,0) erforderlich.

Übliche Ausführungsvarianten sind diskontinuierlich oder kontinuierlich gespülte Sandfiltersysteme zur Partikelabtrennung. Die Flockung findet dabei im Zulaufgerinne/-rohr sowie innerhalb des Filterbetts statt.

Praktische Erfahrungen zeigen, dass es bei der Flockungsfiltration auch ohne gezielte Fällmitteldosierung durch den Rückhalt von Feinstpartikeln in Verbindung mit anderen physikalischen Wechselwirkungen zu einer weitergehenden Elimination von Phosphat kommt.

Die stabile Einhaltung von P-Ablaufkonzentrationen unter 0,5 mg/l ist mit diesem Verfahren möglich, wenn die Rückspülintervalle eingehalten werden und die hydraulischen Oberflächenbelastung der Filter begrenzt werden.

Durch geeignete Kombinationen der vorgenannten Fällungsverfahren ("Zwei-Punkt-Fällung") bzw. in Verbindung mit der biologischen Phosphorelimination (siehe nachfolgendes Kapitel) verbessert sich die Wirtschaftlichkeit (u.a. Reduzierung Fällmittelbedarf, Erhöhung Filterstandzeiten) der chemischen Phosphatelimination.

Weitergehende Informationen zur Flockungsfiltration können dem DWA-Arbeitsblatt A 203 (1995) entnommen werden.

2.1 Biologische Phosphorelimination

Beim Aufbau von Biomasse (Überschussschlamm) wird auch immer Phosphor in den Schlamm eingebunden ("Inkorporation"). Dieser Anteil, bezogen auf den Feststoff (g_P/g_{TS}), hängt neben von der Verfügbarkeit an Substrat sowie der vorhandenen Beckenkonfiguration (Verhältnis anaerobe zu aerobe Zonen) ab. Die abgezogene Überschussschlammmenge bzw. das Schlammalter bestimmen dann letztlich die auf diesem Weg entnehmbare P-Fracht.

Eine erhöhte biologische P-Elimination ("bio-P") kann durch einen gezielten Wechsel zwischen anaeroben(= unbelüftete, nitratfreie) Zonen und aeroben(= belüftete) Zonen gefördert werden.

Weitergehende Informationen zur biologischen Phosphatelimination finden sich bei Wedi und Englmann (1991).

Praktische Erfahrungen aus den letzten Jahren haben gezeigt, dass Anlagen mit gezielter Stickstoffelimination i.d.R. auch eine erhöhte biologische Phosphatelimination erreichen.

Die biologische Phosphatelimination stellt eine wichtige Komponente für eine wirtschaftliche Entfernung von Phosphaten aus dem Abwasser dar. Allerdings darf ihre Bedeutung nicht überschätzt werden. Niedrige P-Ablaufwerte ($< 2 \text{ mg/l}$) können nur in Verbindung mit einer chemischen P-Elimination erreicht werden. Übertrieben lange Aufenthaltszeiten in anaeroben Zonen ($> 2 \text{ h}$) führen meist zur Anreicherung von fadenförmigen Organismen (Blähschlamm).

Und nicht zuletzt sei auf die Problematik der Rücklösung durch lange Schlammlagerzeiten hingewiesen (z.B. Voreindicker, Nassschlammspeicher). Diese führen auch bei Anlagen mit simultaner aerober Schlammstabilisierung zu einer Rückbelastung durch interne Kreisläufe.

Dies gilt auch für Prozesswässer aus der Entwässerung von Faulschlamm. Durch die anaerobe Umsetzung der organischen Stoffe wird neben dem Ammonium-Stickstoff auch ein Teil des gebundenen Phosphors freigesetzt. Um eine dauerhafte Bindung zu erreichen, wird oft eisenhaltiges Fällmittel zugegeben.

3 Phosphorelimination aus Brauereiabwasser

3.1 Phosphor in Brauereiabwasser

Nährstoffelimination ist bei der Behandlung von Brauereiabwässern eigentlich kein Thema. Auch wenn die Konzentrationen vergleichsweise hoch sind (Tabelle 1).

Das Verhältnis von Stickstoff (TN) bzw. Phosphor (TP) zu den organischen Inhaltsstoffen liegt i.d.R. (knapp unter) dem inkorporierbaren Anteil (z.B. TN : BSB₅ < 0,05, TP : BSB₅ < 0,02). in manchen Fällen wird sogar Nährstoffmangel beobachtet.

Tabelle 1: Vergleich Zulaufkonzentrationen in Brauereiabwasser und kommunalem Abwasser

Parameter (alle in mg/l)	Zulauf Rohabwasser kommunal	Zulauf Rohabwasser Brauereien	Ablauf Anaerobstufe Brauereien
CSB	500 - 800	2.000 - 5.000	500 - 1.000
N _{ges}	50 - 80	30 - 100	25 - 90
P _{ges}	7 - 14	10 - 30	10 - 25

Zum Thema wird die Nährstoffelimination, wenn eine anaerobe Vorbehandlungsstufe vorgeschaltet ist (siehe Kap. 3.3). Dort wird zwar der Großteil der organischen Belastung bereits abgebaut (ca. 75-85 % CSB-Elimination), aber keine Nährstoffe. Dadurch erhöht sich der relative Anteil an Stickstoff bzw. Phosphor signifikant. Beim Stickstoff erhöht sich das Verhältnis TN : BSB₅ auf über 0,25 (vergl. Ablauf Vorklä- rung von kommunalen Kläranlagen). Beim Phosphor kann sich das Verhältnis bis auf über 0,1 (!) erhöhen.

3.2 Reinigungsanforderungen an die Betriebskläranlage Brauerei Oettinger

Werden erhöhte Anforderungen an die Ablaufwerte einer Kläranlage gestellt, ergeben sich erhebliche Anforderungen an die Konzeption und den Betrieb einer Abwasserbehandlung. Nachfolgend wird diese Situation am Beispiel der Betriebskläranlage der Brauerei Oettinger Bier GmbH am Standort Oettingen beschrieben. Diese nützt als Direkteinleiter die Wörnitz, und hat daher sehr hohe Anforderungen in punkto Nährstoffelimination zu erfüllen.

Für direkt einleitende Brauereien gelten üblicherweise die Mindestanforderungen nach Anhang 11 der Abwasserverordnung. Bei Einleitung in leistungsschwache Gewässer, wie der wasserwirtschaftlich sensiblen Wörnitz, können schärfere immissionsbezogene Anforderungen erhoben werden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Vergleich Mindestanforderungen Anhang 1 und 11 der AbwV mit den Bescheidswerten der Betriebskläranlage Brauerei Oettingen 2008

Parameter (alle in mg/l)	Brauereien nach Anhang 11, AbwV	Kommunale Klär- anlagen (GK 5) nach Anhang 11, AbwV	Betriebskläranlage Brauerei Oettingen (Bescheid 2008)
CSB	110	75	60
BSB ₅	25	15	15
NH ₄ -N	10	10	1,0
TIN	18	13	10
P _{ges}	2,0 *)	1,0	1,0

* bei einer Rohfracht > 20 kg/d P

3.3 Verfahrenskonzept der Betriebskläranlage Brauerei Oettinger

Die Kläranlage Betriebskläranlage der Brauerei Oettinger Bier GmbH wurde im Jahr 1992 als mechanisch-biologische Kläranlage für eine Ausbaugröße von 30.000 EW bzw. 1.200 m³/d errichtet. Die biologische Stufe bestand ursprünglich aus drei Behältern à 850 m³, die im SBR-Verfahren betrieben wurden. Die Maßnahmen hinsichtlich Nährstoffelimination beschränkten sich auf eine begleitende Fällmitteldosierung, die u.a. zur Schlammkonditionierung diente.

Aufgrund der Produktionserweiterung haben sich Abwassermengen und Schmutzfrachten deutlich erhöht. Die Kapazität der Kläranlage wurde daher in zwei Schritten auf 99.000 EW bzw. 2.700 m³/d Einleitungsmenge angehoben. Die hydraulische Kapazität der Anlage wird durch die bestehende, ursprüngliche SBR-Stufe limitiert.

Umgesetzt wurde ein „klassisches“ zweistufiges Konzept für Brauereikläranlagen mit vorgeschaltetem Mengen- und Konzentrationsausgleich, bestehend aus anaerober Vorbehandlung im IC-Reaktor (350 m³) und aerober Nachbehandlung in der bestehenden SBR-Stufe (Abbildung 6).

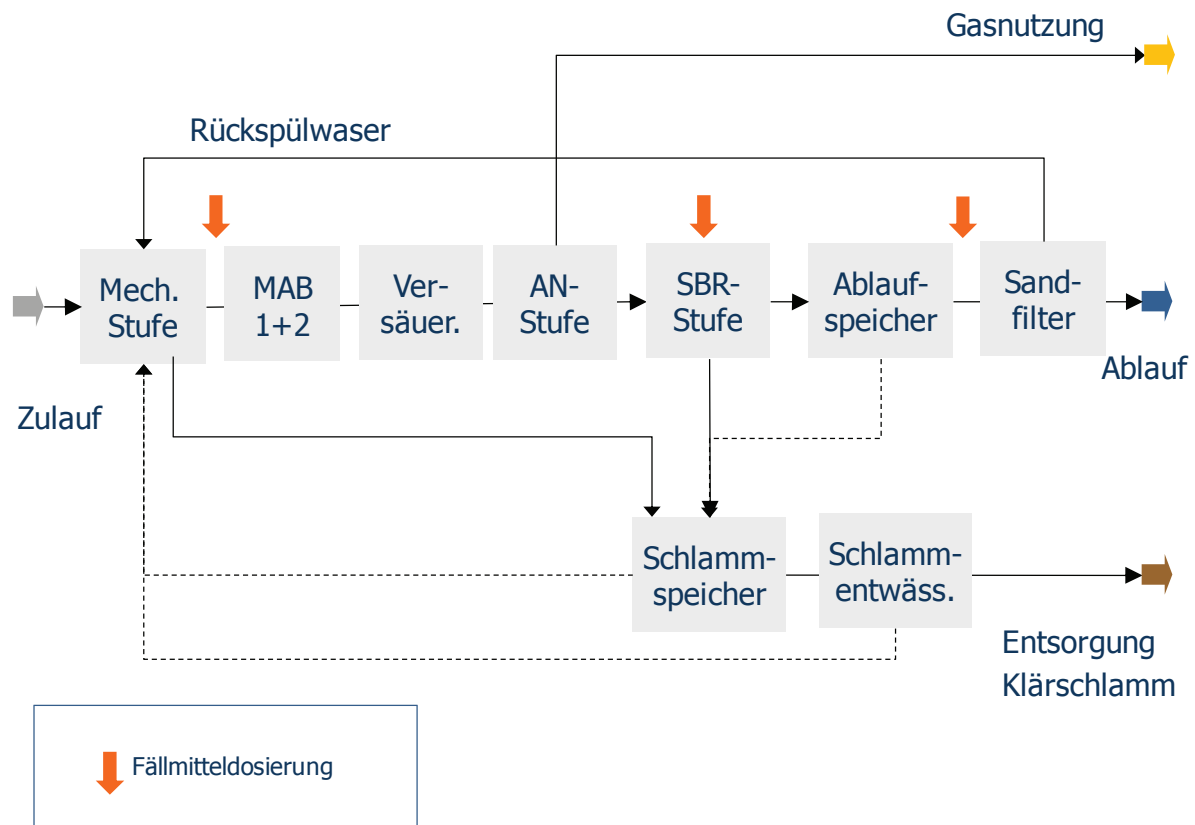


Abbildung 6: Schematische Darstellung des aktuellen Verfahrenskonzepts zur Abwasser- und Schlammbehandlung, Betriebskläranlage Brauerei Oettinger Bier (Stand: 2008)

Die Leistungsfähigkeit sowie die Vor- und Nachteile des zweistufigen Konzepts wurden in vielen Veröffentlichungen dargestellt (u.a. Rosenwinkel et al., 2004). Dem Aspekt der weitestgehenden Nährstoffelimination (N, P) wurde dabei jedoch bislang vergleichsweise wenig Aufmerksamkeit beigemessen, da die Nährstoffverhältnisse im Brauereiabwasser i.d.R. keine gezielten Maßnahmen erfordern.

Allerdings verschieben sich diese Nährstoff-Verhältnisse durch den weitgehenden CSB-Abbau in der anaeroben Stufe. Da die Anforderungen im Zuge der Anlagenerweiterung bei allen Parameterndeutlich verschärft wurden (siehe auch Tabelle 2), wurden verschiedene Verfahrenskonzepte geprüft, um diese Anforderungen auch bei erhöhter hydraulischer Belastung einhalten zu können.

In der anaeroben, ersten Stufe werden mehr als 75 % der organischen Belastung im Abwasser abgebaut und in methanreiches Biogas umgewandelt (ca. 2.000 m³ pro Tag), das in der Produktion zur Dampferzeugung eingesetzt wird.

In der nachfolgenden, aeroben Stufe (SBR-Verfahren) erfolgt der Abbau der restlichen organischen Belastung und die Elimination des Stickstoffs und des Phosphors.

Die Stickstoffelimination kann durch entsprechenden Betrieb der SBR-Stufe (Füllen ohne Belüften, Einstellung der Austauschraten, etc.) erreicht werden. Die Nitrifikation stellt im Normalbetrieb kein Problem dar ($\text{NH}_4\text{-N} < 1 \text{ mg/l}$). Zeitweise kommt es durch erhöhte Hydrolyse von höhermolekularen Stickstoffverbindungen (z.B. Quartäre Ammoniumverbindungen) oder Rücklöseprozessen zu höheren Konzentrationen im SBR.

Schwieriger ist die Denitrifikation. Aufgrund der erhöhten hydraulischen Belastung muss die SBR-Stufe mit entsprechend verkürzten Zyklen (t_z ca. 6-8 h) und hohen Austauschraten (f_A ca. 30%) gefahren werden. Je nach Zulaufbelastung wird die Füllphase ohne Belüftung betrieben und ein Abwasserteilstrom wird an der Anaerobstufe vorbei, direkt in die SBR-Stufe gefördert (Bypassbetrieb), um das BSB_5 : TN-Verhältnis zu verbessern.

Um den Grenzwert von 1,0 mg/l für Phosphor sicher einzuhalten, wird eine zweistufige Fällung (Vor- und Simultanfällung) i.V.m. einer Flockungsfiltration betrieben (siehe Kap. 3.4).

Die nachgeschaltete Filterstufe Sandfilterstufe (System Nordic-Water DynaSand) wird i.d.R. kontinuierlich aus dem Ablaufspeicher beschickt. Hier ist eine Flockungsfiltration inkl. Nachfällung sowie eine bedarfsorientierte Rest-Denitrifikation mittels Dosierung einer externen Kohlenstoffquelle (z.B. Essigsäure) möglich.

3.4 Verfahrenskonzept zur weitergehenden Phosphorelimination

Rein rechnerisch ist auf der Betriebskläranlage der Brauerei Oettinger eine Phosphorelimination von mindestens 95 % erforderlich.

Nur ein Teil des Phosphors davon kann über den Weg der biologischen P-Elimination entfernt werden (ca. 25%).

Der Hauptteil der Phosphatelimination erfolgt mittels dreistufiger, chemischer Fällung:

- Vorfällung (Fällmitteldosierung nach der mechanischen Reinigung, Abtrennung des Fällschlammes vor der Anaerobstufe, manuelle Einstellung der Fällmitteldosierung)

- Simultanfällung (Fällmitteldosierung im SBR, am Ende der Belüftungsphase, Entnahme des Fällschlamm mit dem biologischen Überschussschlamm, Vorwahl der Fällmitteldosierung über Prozessleitsystem)
- Nachfällung (i.V.m. Flockungsfiltration (Fällmitteldosierung im Zulauf zum Sandfilter, manuelle Einstellung der Fällmitteldosierung, Entnahme des Fällschlamm mit dem Überschussschlamm durch Filterrückspülung)

Die Filtrationsstufe besteht aus zwei oberirdisch aufgestellten Behältern mit einem Durchmesser von je 2,50 m. Die Filterbetthöhe beträgt 2,50 m. Die Ausführung der beiden Behälter wurde wegen des Fällmitteleinsatzes in VA-Stahl (1.4404/1.4301) gewählt. Das weitgehend gereinigte Abwasser wird aus dem Ausgleichsbecken entnommen. Das Abwasser durchströmt das Sandbett von unten nach oben. Dabei werden partikuläre Stoffe (Suspensa) zurückgehalten. Durch ein patentiertes System erfolgt eine kontinuierliche Luft-Wasser-Spülung des Sandbetts, um die abgeschiedenen Feststoffe vom Filtersand abzutrennen. Das Rückspülwasser wird in den Zulauf der Kläranlage zurückgeführt (Abbildung 7).

Die Aufstellung der Nebenaggregate (Ölfreie Druckluftherzeugung und -aufbereitung) sowie der neuen Ablaufmessstation (Mengen- und Qualitätsmessung) erfolgte in einer Leichtbauhalle (8,50 x 4,0 m). Die Installation der Hilfsmitteldosierung (Fällmittel und Kohlenstoffquelle) erfolgte angrenzend an die Leichtbauhalle in einem überdachten, seitlichen offenen Bereich. Vorgesehen sind zwei separate Dosierstationen für Eisen(III)-Chlorid zur Nachfällung von Rest-Phosphat und Essigsäure als externe Kohlenstoffquelle zur nachgeschalteten Denitrifikation. Die Zugabe der Hilfsstoffe erfolgt in die Zulaufleitung zur Filterstufe: so wird die erforderlich intensive Durchmischung erreicht.

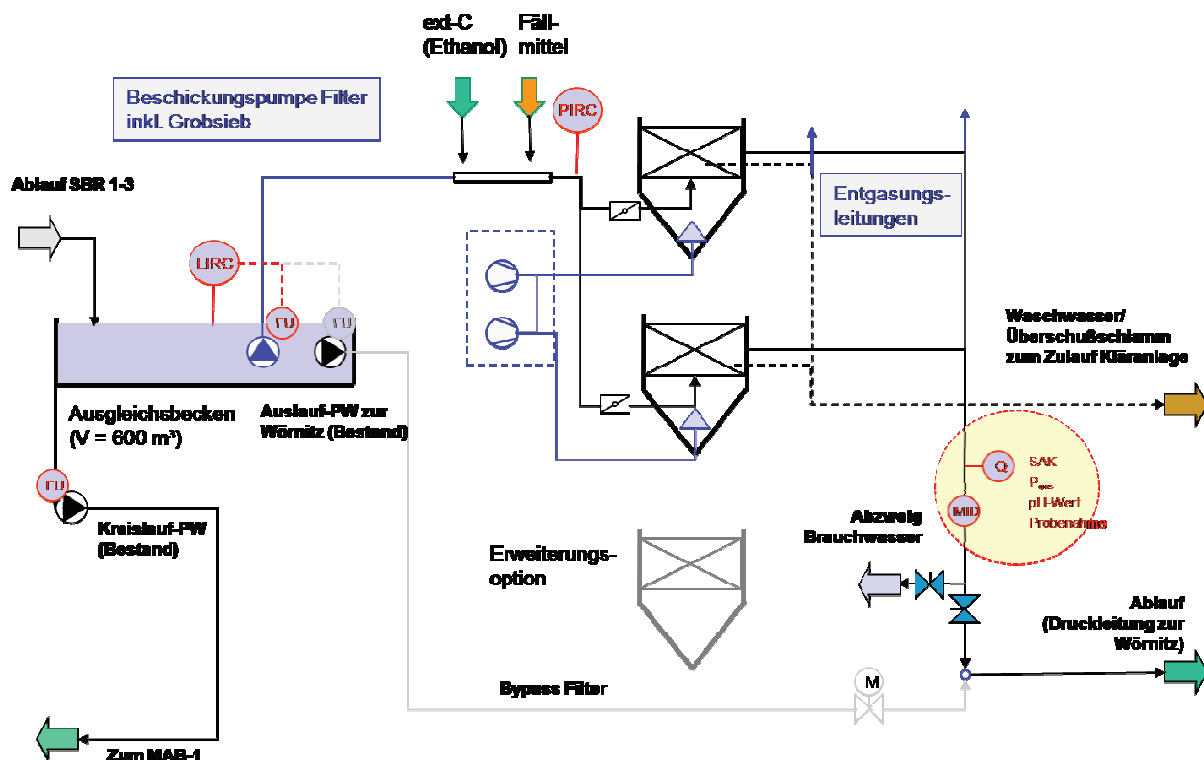


Abbildung 7: Schematische Darstellung der nachgeschalteten Flockungsfiltrationsstufe, Betriebskläranlage Brauerei Oettingen, Stand: 2008

Die ursprünglich vorgesehene Steuerung der Hilfsmitteldosierung mittels Online-Messungen in der Ablaufmessstation (Nitrat mittels SCAN-Sonde, Phosphat mittels Phosphax-Gerät) wurde inzwischen vom Betriebspersonal stillgelegt. Damit ist keine gesteuerte Fällmitteldosierung im Zulauf des Sandfilter mehr vorhanden. Die Labormessungen liefern derzeit ausreichende Informationen, um eine sichere Einhaltung der Bescheidswerte zu erreichen.

3.5 Betriebserfahrungen mit der weitergehenden Phosphorelimination

Die P-Konzentrationen im Ablauf Misch- und Ausgleichsbehälter liegen etwa zwischen 15 und 30 mg/l. Dies entspricht Phosphorfrachten von rund 30 bis 75 kg/d im Rohabwasser (produktionsbedingt). Trotz dieser Schwankungen liegen die Ablaufwerte im Normalbetrieb unter 0,8 mg/l (Abbildung 8 und Abbildung 9).

Der Fällmittelverbrauch aller drei Dosierstellen mit Eisen(III)-Chlorid liegt insgesamt zwischen 650 und 750 l/d (Verbrauch pro Monat ca. 20-25 m³). Davon werden nur rund 50 Liter pro Tag in der Vorfällung mit kontinuierlicher Dosierung zugegeben.

In der Nachfällung wird nur nach Bedarf zu dosiert, so dass der allergrößte Teil des Fällmittels in der SBR-Stufe zur Simultanfällung eingesetzt wird. Dies führte in der – ansonsten sehr stabilen - SBR-Stufe zeitweise zu Problemen (u.a. erhöhter Fällschlammanteil, Abtrieb von Hydroxidflocken).

Die Inbetriebnahme der Sandfilter erfolgte im September 2008. Die nachgeschaltete Filterstufe war für eine (theoretische) Durchsatzleistung bis 120 m³/h bei 2 Stück à 5 m² Filterfläche ausgelegt. Dies ergibt eine max. Filtergeschwindigkeit von 12 m/h (Leerrohrgeschwindigkeit).

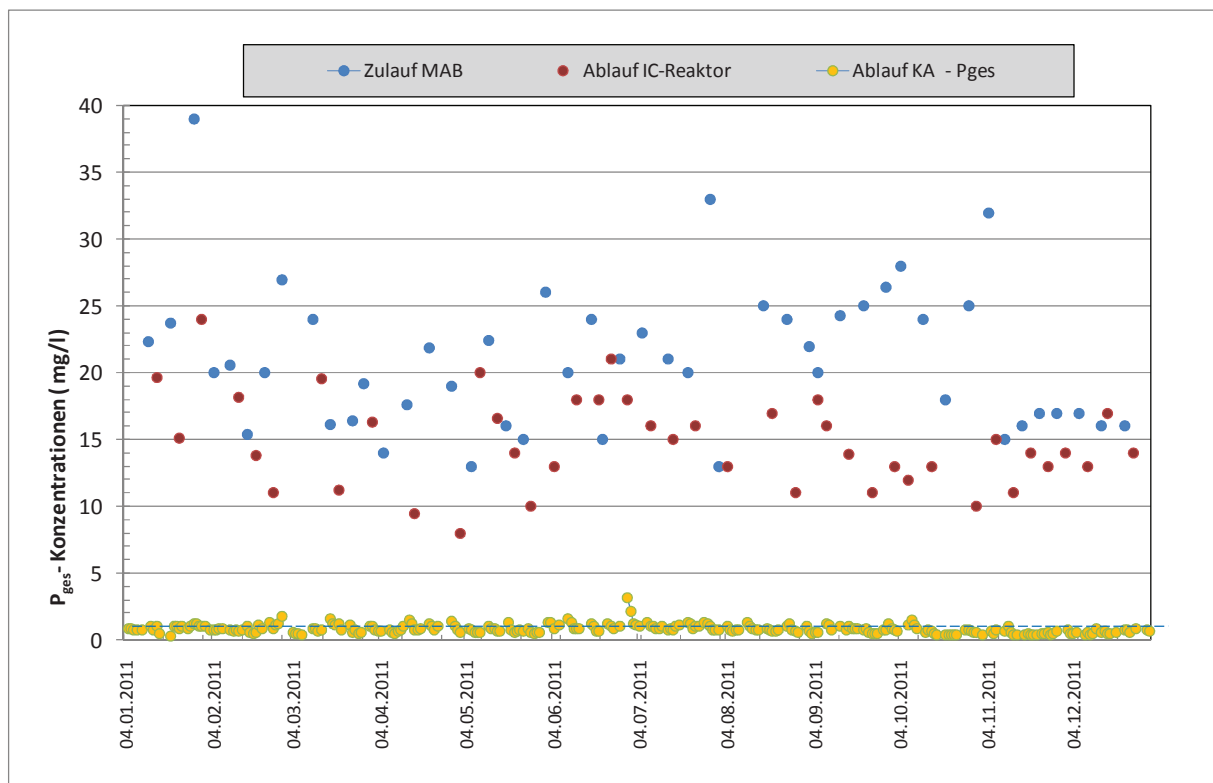


Abbildung 8: Phosphorkonzentrationen im Zulauf Rohabwasser (nach Vorfällung), im Ablauf der anaeroben Stufe und im Ablauf Sandfilterstufe, Brauerei Oettingen2011

Die maximale Filterbelastung mit Feststoffen war für 20 bis 50 mg/l AFS vorgesehen, wobei eine maximale Ablaufkonzentration von 10 mg/l AFS gefordert war.

Die Zulaufkonzentrationen beim Phosphor liegen zwischen 1,0 und 1,8 mg/l. Zielsetzung bzgl. der Ablaufkonzentration ist ein Wert von unter 0,8 mg/l.

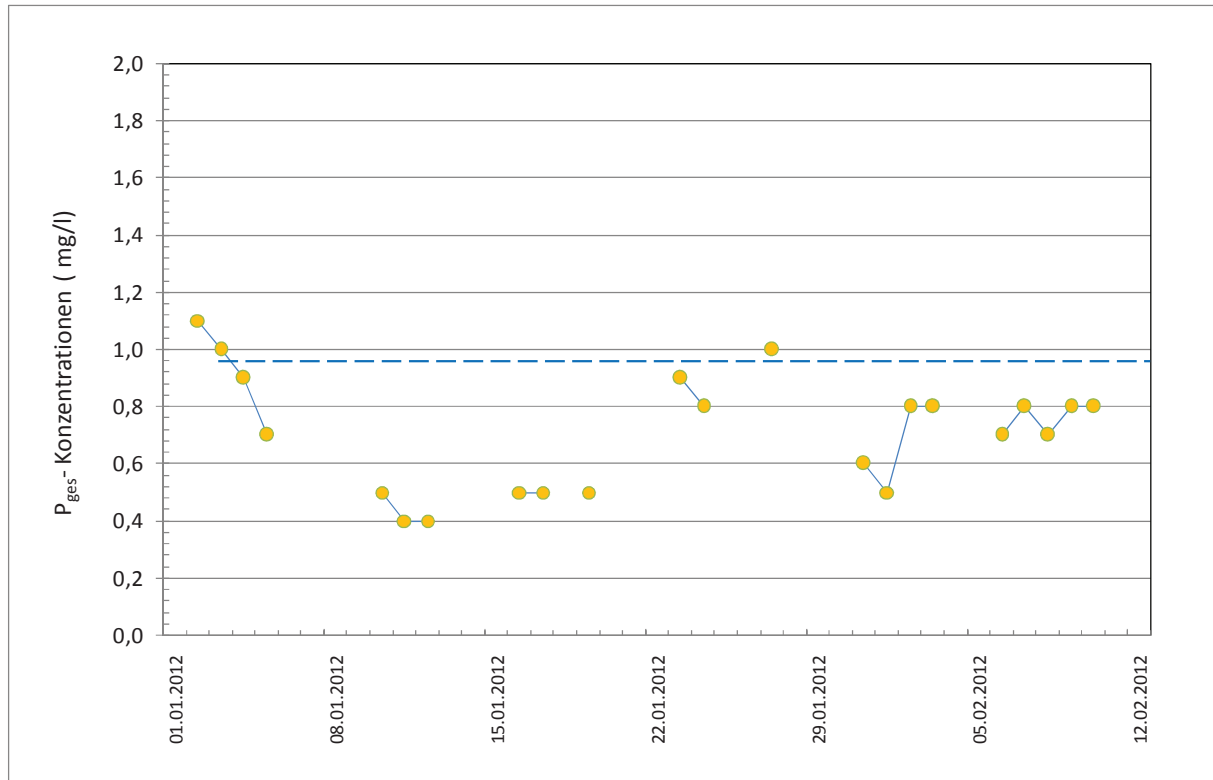


Abbildung 9: Phosphorkonzentrationen im Ablauf Sandfilterstufe (teilweise Fällmitteldosierung), Betriebskläranlage Brauerei Oettingen, Januar / Februar 2012

In der Praxis liegen die Durchsatzmengen nur bei rund 100 m³/h, da durch zeitweise erhöhte Feststoffbelastungen von 50 mg/l die Durchgängigkeit beschränkt ist. Die Spülwassermengen liegen bei ca. 6 m³/h, wobei im Rücklauf ca. 300 bis 500 mg/l AFS zu beobachten sind.

4 Zusammenfassung

Seit den 90er Jahren zeichneten sich durch die gezielte P-Elimination aus dem Abwasser größerer Kläranlagen Erfolge im Gewässerschutz ab. Durch die Anforderungen der WRRL sind weitergehende Maßnahmen für alle Größenklassen in der Diskussion.

Am Beispiel einer großen Betriebskläranlage einer Brauerei (99.000 EW) wird beispielhaft ein mehrstufiges Verfahrenskonzept zur weitergehenden Phosphorelimination dargestellt. Als Direkteinleiter in ein sensibles Fließgewässer hat die Betriebs-

kläranlage der Brauerei Oettinger Bier GmbH erhöhte Anforderungen an die Phosphorelimination einzuhalten ($P_{\text{ges}} < 1 \text{ mg/l}$).

Dazu erfolgt neben der biologischen P-Elimination auch eine zweistufige, chemische Fällung, bestehend aus Vor- und Simultanfällung. Zusätzlich ist eine Flockungsfiltration vorhanden, die mit bedarfsgerechter Nachfällung betrieben wird.

Mit dieser Verfahrenskombination konnten die Ablaufwerte in den letzten drei Jahren weitestgehend unter $1 \text{ mg/l } P_{\text{ges}}$ eingehalten werden, obwohl die Konzentrationen im Zulauf oft über $20 \text{ mg/l } P_{\text{ges}}$ liegen. und produktionsbedingt starken Schwankungen unterliegt.

5 Literatur

Barjenbruch, M. (2007) Verfahren zur Abwasserfiltration - Grundlagen, Auslegung und Betriebserfahrungen, Chemie Ingenieur Technik, 2007, 79, Nr. 11

Baumann, P. (2003) Phosphatelimination aus Abwasser, Oldenbourg Industrie Verlag, ISBN 978-3-486-26508-8, München 2003

Bayer. Landesamt für Umwelt (2008) Anforderungen an Einleitungen von häuslichem und kommunalem Abwasser sowie an Einleitungen aus Kanalisationen, Merkblatt Nr. 4.4/22, Stand: Oktober 2008

DWA-Arbeitsblatt A 131 " Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen", Hennef, Mai 2000

DWA-Arbeitsblatt A 202 "Chemisch-physikalische Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser", Hennef, Mai 2011

DWA-Arbeitsblatt A 203 " Abwasserfiltration durch Raumfilter nach biologischer Reinigung", Hennef, April 1995

DWA-Bayern (2012) Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2010

DWA-Merkblatt M 206 " Automatisierung der chemischen Phosphatelimination", Hennef, November 2001

EAWAG (2008) Möglichkeiten zur Optimierung der chemischen Phosphorfällung an hessischen Kläranlagen“, HLUG, Mai 2008

Glas, K., Schmaus, B. (1998) Abwassersituation in der Brauwirtschaft-Teil 1, Brauindustrie, Dezember 2008

Hahn, H. H. (2004) Vorfällung - eine alte Geschichte, neu zu beleben?, in: Abwasserreinigung ohne Biologie?, 32. ATS, Wassergüte- und Abfallwirtschaft, TU München, Juli 2004

http://www.lfu.bayern.de/wasser/wrrl/massnahmenprogramme/doc/donau_mp_2009.pdf

<http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/waschmittel/informationen.htm>

NordicWater - Firmeninformationen zum System "DynaSand-Filter"

Rosenwinkel, K.-H. (Hrsg.) 8. Hannoversche Industrieabwasser-Tagung, Tagungsband Brauerei Seminar, Hannover 2004, Heft 132

Schreff, D., Hilliges, R. (2010) S:CAN-Sonde in der Ablaufüberwachung einer Brauereikläranlage. Wasserlinse, Dezember 2010

Schreff, D. (2010) Nährstoffelimination aus Brauereiabwasser – (k)ein Thema?, 6. Münchner Abwassertag, November 2010

TMLNU, Hrsg. (2009) Leitfaden zur Verminderung des Phosphoreintrags aus Kläranlagen, Freistaat Thüringen/TU Berlin

Wedi, D., Englmann, E. (1991) Hinweise zur Anwendung von Anlagen zur biologischen Phosphatelimination, in: Planung von Kläranlagen zur Nährstoffelimination, 21. ATS, Wassergüte- und Abfallwirtschaft, TU München, April 1991

Kontaktadresse:

Dr.-Ing. Schreff – Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie (www.ib-schreff.de)

Gewerbegebiet Salzhub 16, 83737 Irschenberg

Telefon : 08062 72 98 011

e-Mail: kontakt@ib-schreff.de