

ZKW Lübeck: Neubau einer Biofiltration und verfahrenstechnische Integration

J. Einfeldt *, H.-O. Günter **, L. Hilgendorf und E. Thyen ***

* Privatinstitut für Klärtechnik GmbH, Botterstieg 1, 23611 Bad Schwartau
einfeldt@pik-net.de, www.pik-net.de

** Ingenieurbüro Buß-Hempel-Günter GmbH, Botterstieg 3, 23611 Bad Schwartau
mailbox@b-h-g.eu, www.b-h-g.eu

*** Entsorgungsbetriebe Lübeck, Malmöstraße 22, 23560 Lübeck
liane.hilgendorf@luebeck.de, zkwthyen@freenet.de, www.entsorgung.luebeck.de

Zusammenfassung

Der Ausbau des Zentralkläwerks Lübeck mit einer zweistufigen Biofiltration gilt als eine der letzten großen Baumaßnahmen im Bereich der schleswig-holsteinischen Kläranlagen. Die Kosten dieser dritten Ausbaustufe liegen bei rund 18 Millionen Euro.

Das verfahrenstechnische Gesamtkonzept geht zurück auf eine halbtechnische Versuchsanlage, die in 1990/91 auf dem ZKW Lübeck zur Gewinnung von Bemessungsparametern betrieben wurde. In einer ersten Ausbaustufe wurde ab 1998 die Nachklärung erweitert, die zweite Ausbaustufe umfasste eine zweistufige Kaskadendenitrifikation, und in der dritten Ausbaustufe wurden eine Substratdosierung, eine zweistufige Filtration und ein neues Flutpumpwerk errichtet. Im Laufe des stufenweisen Ausbaus waren die abwassertechnischen Randbedingungen einem stetigen Wandel unterworfen, z.B. war eine fortwährende Überprüfung und Anpassung der Verfahrenstechnik an die sich verändernde Indirekteinleiterstruktur erforderlich. Die Einbindung der Biofiltration ist der abschließende Schritt einer mehrstufigen bau- und verfahrenstechnischen Optimierung.

Im Vortrag wird die verfahrenstechnische Integration der zur Nitrifikation wie auch zur Denitrifikation ausgerüsteten Biofiltration erläutert. Die Strategien für einen sparsamen Einsatz der im Bereich Kaskadendenitrifikation und Biofiltration ergänzend möglichen Substratdosierung werden beschrieben. Bereits vorliegende Konzepte für den Umgang mit erheblichen Mischwasserzuflüssen werden dargestellt. Auf die sich aus der hydraulischen Einbindung ergebenden bautechnischen Besonderheiten wird im Vortrag anhand von ausführlichem Bildmaterial näher eingegangen.

Einleitung

Die Reinigung der von rund 250.000 Einwohnern sowie aus Gewerbe und Industrie stammenden Abwässer der Hansestadt Lübeck erfolgt im Wesentlichen in den 3 Klärwerken

Zentralklärwerk (ZKW) für den zentralen Stadtbereich, Klärwerk Ochsenkopf für den Bereich Siems, Schlutup und Kücknitz und im Klärwerk Priwall für Travemünde.

Das ZKW Lübeck reinigt neben dem Abwasser aus dem Lübecker Stadtgebiet die Abwässer der Randgemeinden Bad Schwartau, Stockelsdorf und Groß Grönau. Insgesamt ist derzeit mit einem jährlichen Anfall von rund 16 Mio. m³ Abwasser (Mittelwert 2004 - 2006) zu rechnen.

Die Kläranlage Ochsenkopf war ursprünglich für die biologische Vollreinigung von 190.000 Einwohnerwerten (EW) ausgelegt worden, wobei ein hoher gewerblicher und industrieller Anteil angesetzt worden war. Es zeigte sich, dass diese Belastung in den Folgejahren und bis heute nicht erreicht wurde. Durch die Nichtauslastung der biologischen Grundreinigungskapazität war es möglich, 1992 die gezielte biologische Stickstoffelimination in Betrieb zu nehmen. Nach Betriebsoptimierungen im Jahre 1996 beträgt die jährlich gereinigte Abwassermenge heute 1,5 bis 2 Mio. Kubikmeter. Geplant ist der Umschluss zum ZKW Lübeck im Laufe des Jahres 2007.

Die Kläranlage Priwall wurde bis 1995 vollständig modernisiert. Neben biologischer Stickstoff- und Phosphatentfernung verfügt sie über eine zweistufige Filtration [vgl. Buß et al. 1994].

Planungsgrundlagen

Auf dem ZKW Lübeck wurde in den Jahren 1990/1991 eine halbtechnische Versuchsanlage des Landes Schleswig-Holstein betrieben, die Betriebsergebnisse bildeten die Grundlage der Entwurfsplanung für den Ausbau der Kläranlage im Jahre 1992. Mit Abschluss des Genehmigungsverfahrens wurde in 1996 und 1997 eine Überprüfung der Kläranlagen-Zulaufbelastung vorgenommen. Nachdem schließlich ab 1997 mit dem Endausbau des ZKW nach den Vorgaben des geltenden Bundes- und EG-Rechts sowie des Dringlichkeitsprogrammes der Landesregierung zum Ausbau der 38 größten Kläranlagen in Schleswig-Holstein begonnen wurde, konnten im Jahr 2000 die 5 neuen Nachklärbecken mit dem zugehörigen Schlammumpwerk in Betrieb gehen.

Vor der zweiten Ausbaustufe (Umbau und Neubau der Belebungsbecken) erfolgte eine neuerliche Überprüfung der Zulaufdaten und eine Nachrechnung der vorhandenen bzw. in Planung befindlichen Anlagenteile, um eine verfahrenstechnische Konzeption für die dritte Reinigungsstufe (Filtration) aufstellen zu können. Dabei wurden besondere Betriebszustände und die Erfahrungen, die auf verschiedenen anderen Kläranlagen gemacht wurden, mit berücksichtigt. Die beiden neuen Belebungsstufen konnten 2003 in Betrieb genommen werden.

Im Jahr 2007 soll nunmehr der Ausbau der Anlage abgeschlossen werden. Im dritten und letzten Bauabschnitt wird eine 2-stufige Filtrationsanlage gebaut.

Fortschreibung der Zulaufdaten

Die mit der Entwurfsplanung 1992 festgelegten Bemessungsgrundlagen gehen bei der BSB₅-Schmutzfracht in zwei Lastfällen von einer Bandbreite von $B_{d,BSB5} = 17.300 \text{ kg/d}$ (432.500 EW₄₀) bis $B_{d,BSB5} = 25.650 \text{ kg/d}$ (641.250 EW₄₀) im Ablauf der Vorklärung einschließlich Trübwasser aus. In 2001 wurden die Grundlagen der Bemessung überprüft, dabei wurde für die Jahre 1996 bis 2000 eine Verschiebung des Verhältnisses CSB/BSB₅ durch tendenziell abnehmende BSB₅-Konzentrationen festgestellt [PIK GmbH, 2001]. Die Ursachen waren u.a. in der mittlerweile veränderten Indirekteinleiterstruktur zu sehen. Auch unter Berücksichtigung einer Trübwasserbewirtschaftung liegt schon im Mittel ein für die Denitrifikation ungünstiges BSB₅/N_{ges}-Verhältnis vor.

Diese veränderte Abwassercharakteristik musste zusätzlich zur o.g. Bandbreite der Grundlagenermittlung berücksichtigt werden und hatte Einfluß auf die Ausführung der noch zu errichtenden 3. Reinigungsstufe: Neben der chemisch-physikalischen Reinigungsaufgabe sollte die Filtration zusätzlich die Aufgabe der Restdenitrifikation übernehmen.

Stilllegung Kläranlage Ochsenkopf

Zur Erreichung der Anforderungen an die Reinigungsleistungen, die sich aus dem Dringlichkeitsprogramm des Landes Schleswig-Holstein ergeben, hätte die Kläranlage Ochsenkopf erweitert werden müssen. Insbesondere die im Einleitungsbescheid festgesetzten Überwachungswerte für die Parameter Phosphor und AFS wären ohne eine Filtration nicht einzuhalten. Aufgrund des im Einzugsgebiet der KA rückläufigen Abwasseraufkommens (u.a. Betriebsschließung eines bedeutenden Indirekteinleiters aus der Lebensmittelbranche) sowie vor dem Hintergrund realistischer diesbezüglicher Prognosen wurden im Jahre 2004 verschiedene entwässerungstechnische Varianten zu dem bereits vorliegenden Ausbauplan untersucht. Hierbei ging es insbesondere um die Frage, ob und über welche Trasse die Abwässer aus dem Einzugsgebiet Ochsenkopf zum Zentralklärwerk (ZKW) übergeleitet und dort gereinigt werden könnten.

Es stellte sich heraus, dass die teilweise Außerbetriebnahme der KA Ochsenkopf (Verbleib von Rechen, Sandfang und Mengen-Ausgleichsbecken), der Bau einer Pumpstation sowie einer doppelt ausgeführten Druckrohrleitung und die Mitbehandlung der Abwässer auf dem ZKW große betriebswirtschaftliche Vorteile bringen würde. Gegenüber der zuständigen Wasserbehörde konnte nachgewiesen werden, dass die Gesamtbelastung des Gewässers Untertrave durch die bessere und stabilere Reinigungsleistung der Großkläranlage auch bei Inkaufnahme geringer einzuleitender Mischwassermengen im Starkregenfall verringert würde. Die Beckenkapazitäten der KA Ochsenkopf werden zur Rückhaltung großer Zulaufmengen weiterhin genutzt. Durch eine zeit- und belastungsabhängige Steuerung des Pumpwerkes mit Einbeziehung der Belastungssituation auf dem ZKW sollen alle verfügbaren Kapazitäten optimal genutzt werden.

Verfahrenstechnik

Der Ausbau des ZKW Lübeck erfolgt für die Einhaltung der im Rahmen des Dringlichkeitsprogrammes des Landes Schleswig-Holstein festgelegten Überwachungswerte:

CSB	≤	60	mg/l
BSB ₅	≤	15	mg/l
NH ₄ -N	≤	8	mg/l (bei T > 12°C im biologischen Reaktor)
N _{ges,anorg}	≤	10	mg/l (bei T > 12°C im biologischen Reaktor)
P _{ges}	≤	0,5	mg/l
AFS	≤	5	mg/l

Vereinfacht besteht der biologische Teil des Klärsystems aus einer zweistufigen Kaskadendenitrifikation und einer 2-Stufen-Filtration, vgl. Abbildung 1.

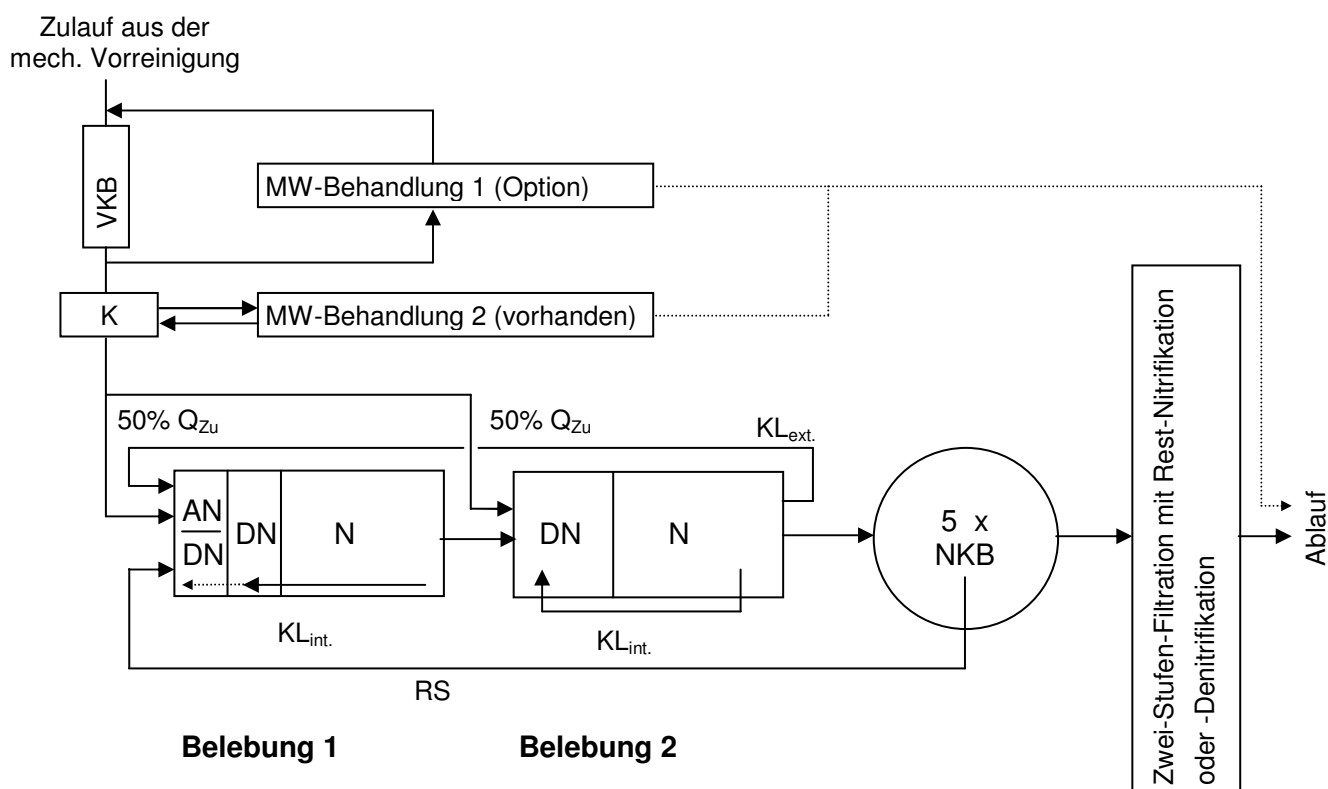


Abb. 1: Vereinfachtes Verfahrensschema des ZKW Lübeck mit Kaskadendenitrifikation und Filtration.

Abkürzungen:	AN	Anaerobbecken	DN	Denitrifikationsbecken
	K	Konzentrationsausgleich	KL	Kreislaufwasser (extern / intern)
	MW	Mischwasser	NKB	Nachklärbecken
	N	Nitrifikationsbecken	VKB	Vorklärbecken
	RS	Rücklaufschlamm		

Mechanische Reinigung und Mischwasserbehandlung

Das zufließende Abwasser wird zunächst mechanisch gereinigt. Die mechanische Reinigung umfaßt Grob- und Feinrechen (6 mm), einen belüfteten Sandfang sowie eine Vorklärung und ist komplett 2-straßig ausgebildet. Für die Vorklärung besteht die Option einen Bypass zu betreiben, um das ungünstige Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis zu verbessern. Bei Abwasserzuflüssen $> 5.500 \text{ m}^3/\text{h}$ erfolgt die Beschickung der Mischwasser-ausgleichs- und -behandlungsbecken. Hierfür werden derzeit bereits die alten Rechteckbecken der Nachklärung genutzt, zukünftig könnte nach einer Betonsanierung und einem Umbau außerdem das Becken der „alten Biologie 1“ für den Mischwasserausgleich weitergenutzt werden. Nach Sedimentation und Abzug der Feststoffe wird bei geringerer hydraulischer Zulaufbelastung das Mischwasser wieder der Biologie zugeführt. Nur bei gefüllten Mischwasserbecken und weiter anhaltendem Mischwasserzufluss erfolgt eine Ableitung des behandelten Mischwassers über das Flutpumpwerk in die Trave.

Die derzeitige „Mischwasserbehandlung 2“, Ausgleichsvolumen rd. 3.000 m^3 , ist in der Lage rd. $4.900 \text{ m}^3/\text{h}$ Mischwasser zu behandeln und über das Flutpumpwerk abzuleiten. Damit sind länger anhaltende Zulaufmengen von bis zu $10.400 \text{ m}^3/\text{h}$ abgedeckt. Nach einem Umbau und der Nutzung der „Mischwasserbehandlung 1“, Ausgleichsvolumen 4.550 m^3 , könnten mindestens weitere $2.400 \text{ m}^3/\text{h}$ Mischwasser behandelt und zum Flutpumpwerk abgeleitet werden.

Belebungsstufe

Die Belebungsstufe ist für eine weitgehende Stickstoff- und vermehrte biologische Phosphorelimination ausgelegt. Die Stickstoffelimination erfolgt durch vorgeschaltete Denitrifikation mit dem Verfahrenskonzept einer 2-stufigen Kaskadendenitrifikation und etwa hälftiger Aufteilung des Abwasserzuflusses auf die beiden Stufen. Das Gesamtbelebungs-volumen von rd. 40.000 m^3 teilt sich auf in Belebung 1 mit rd. 22.500 m^3 und Belebung 2 mit rd. 17.500 m^3 . Beide Belebungsstufen sind wiederum untergliedert in mehrere Beckensegmente, die eine variable Anpassung des Denitrifikationsvolumens durch Zu- und Abschalten von Belüftersträngen und Rührwerken ermöglicht. Zur Unterstützung der Denitrifikation ist eine Substratdosieranlage vorhanden.

Zur Abtrennung des Belebtschlammes aus dem Abwasser-BelebtschlammGemisch dienen 5 runde Nachklärbecken.

2-Stufen-Filtration

Als als dritte Reinigungsstufe befindet sich eine zweistufige Filtration bestehend aus einer Festbettreaktor-Stufe (FBR) und einer Flockungs-Filtrations-Stufe (FF) derzeit kurz vor der Inbetriebnahme.

Aufgrund der Abwassercharakteristik im Zulauf der Kläranlage war im Ablauf der Nachklärung mit $N_{\text{ges,anorg}}$ -Zulaufspitzen bis zu 20 mgN/l zu rechnen, welche zukünftig in der

1. Filtrationsstufe (Festbettreaktoren FBR) auf $< 10 \text{ mg/l}$ denitrifiziert werden sollen. Für die Filtration ergaben sich somit neben der unveränderten Aufgabe der Phosphorelimination die zusätzlichen Aufgaben der Restdenitrifikation und Grobfeststoffentnahme. Bemessen ist die Filtration für Zulaufwerte von 75 mg/l abfiltrierbare Stoffe und $1,5 \text{ mg/l PO}_4\text{-P}$.

Für die nachgeschaltete Denitrifikation in der Filtration wurde die Erweiterung der bereits vorhandenen Substratdosierstation für die Belebungsstufe notwendig. Optional wird ferner eine Belüftung der 1. Filtrationsstufe vorgesehen, so dass dem Betrieb eine maximale Flexibilität durch die mögliche Nutzung der FBR-Stufe zur Restnitrifikation gegeben ist.

Das anfallende Schlammwasser der Filterspülung wird mechanisch im Beckenkomplex der "alten Biologie II" gereinigt und hydraulisch gepuffert in den Zulauf zur Filtration bzw. zur Nachklärung gegeben. Letzteres hängt vom Reinigungsgrad des Schlammwassers und der augenblicklichen hydraulischen Kapazität der Nachklärung ab.

Die Filtration ist gegliedert in jeweils 12 einzelne Reaktoren für die aufwärts durchströmte FBR-Stufe und die abwärts durchströmte Flockungsfiltration (FF). Vorgeschaltet sind zur Betriebsabsicherung der Filterdüsen jeweils zwei automatische Rückspülfilter (RF) mit einer Sieblochweite von 2 mm . Ein vereinfachtes Verfahrensfließbild für die Filtrationsstufe zeigt Abbildung 2.

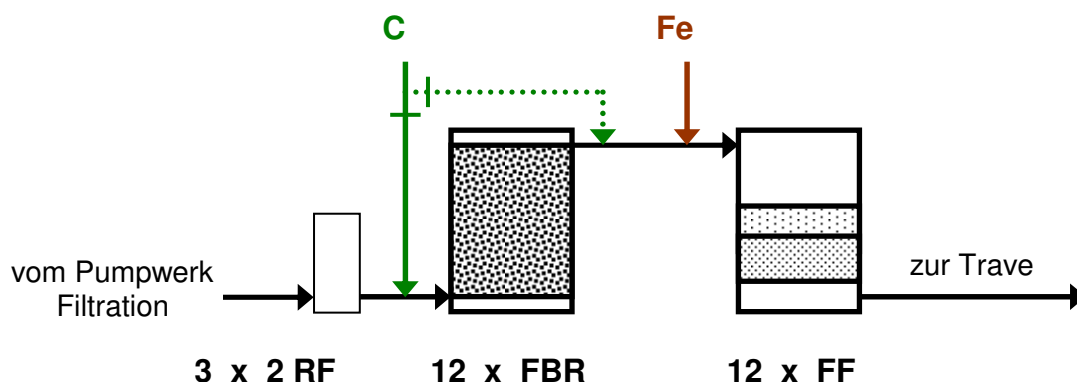


Abb. 2: Vereinfachtes Fließschema für den Bereich Filtration

Hydraulische Einbindung der Filtration

Nach einem Vergleich der Pumpkosten für unterschiedliche Höhenlagen der Filtration mit den Investitionskosten vor allem bei den schwierigen Gründungsverhältnissen auf dem ZKW Lübeck wurde von den Entsorgungsbetrieben Lübeck beschlossen, die auch langfristig preiswertere Gründung einer hochaufgestellten Filtration zu wählen, so dass für den Ablauf der Filtration gleichzeitig eine Hochwassersicherheit von $\text{NN} +3,80 \text{ m}$ gegeben ist; ein Flutpumpwerk für den gereinigten Abwasserhauptstrom war nicht mehr erforderlich. Ein nur noch für die Ableitung des behandelten Mischwassers bei Regenwetter notwendiges Flutpumpwerk wurde in das Gebäude der Filtration integriert.

Bauliche Umsetzung

Das Zentralklärwerk Lübeck liegt im Stadtteil St. Lorenz Nord an der Warthestraße und gegenüber der Teerhofinsel direkt an der Trave. Das Bauwerk mit einer Grundfläche von rund 60 x 50 m wurde im Bereich der Belebung 2 und der Betriebsstraße 1 in eine noch zur Verfügung stehende Freifläche eingepasst. Mit dem Bau der Filtration wurde Ende 2004 begonnen, nach Fertigstellung des Betonbaus und der maschinen- und elektrotechnischen Ausrüstung schließt sich in Kürze die Inbetriebnahme an.

Auf Grund der anstehenden Bodenverhältnisse (mehrere Meter mächtige Weichschichten, Steine in tieferen Lagen) sowie des gespannt anstehenden Grundwassers waren besondere Gründungsmaßnahmen erforderlich. Unter Beachtung der Auftriebssicherheit der Baugrube und der hydraulischen Einbindung des Bauwerkes war es das Ziel, eine optimale Lösung für die Festlegung der Gründungsebene zu finden. Für das Gebäude der Filtration wurden zwei Gründungsebenen festgelegt. Der überwiegende Teil der Sohle der Filtration liegt auf einer Höhe von $-0,65\text{mNN}$; der Bereich des Zulaufpumpwerkes und des integrierten Flutpumpwerkes liegen auf einer Höhe von $-2,70\text{mNN}$. Zur Auftriebssicherung und zur Abtragung der Bauwerkslasten wurden ca. 300 Stahlbetonpfähle und 80 Stahlpfähle mit einer Länge von ca. 19m in den tiefen tragfähigen Baugrund gerammt. Die Pfähle haben eine Einbindelänge in die tragfähige Schicht von 7m.

Zur Abdichtung des Bauwerkes musste die Ausführung der Sohle und der Außenwände aus wasserundurchlässigem Beton nach DIN 1045 und unter Berücksichtigung der Forderungen der WU-Richtlinie des DAfStb als „Weiße Wanne“ erfolgen. Die gesamte Stahlbetonkonstruktion beinhaltet 6.300 m^3 Beton und rd. 1.000 t Stahl.

Die unterschiedlichen Gewerke für den Bau der Filtration wurden anhand eines eng abgestimmten Bauzeitenplanes umgesetzt. Bereits während der noch laufenden Betonarbeiten im Bereich der einzelnen Filterkammern wurde mit der maschinentechnischen Ausrüstung und den sonstigen Stahlbauarbeiten begonnen.

Kosten

Für den Ausbau des ZKW Lübeck haben die Entsorgungsbetriebe Lübeck in den letzten 10 Jahren folgende Investitionskosten umgesetzt:

I. Ausbaustufe:

Neubau von 5 runden Nachklärbecken, Neubau des Schlammumpwerkes, 1. Teil des Hochwasserschutzes, Oberflächengestaltung im Bereich der NKB

rd. 19 Mio. Euro

II. Ausbaustufe:

Neubau der Belebungsstufen 1 und 2, Umbau der Reinsauerstoffbegasung, 2. Teil des Hochwasserschutzes, Oberflächengestaltung im Bereich der Belebung

rd. 29 Mio. Euro

III. Ausbaustufe:

Neubau der Filtration, Neubau einer Substratdosieranlage, Sanierung der alten Biologie und Umbau zum Schlamm Speicher, 3. Teil des Hochwasserschutzes, Oberflächengestaltung im Bereich der Filtration

rd. 18 Mio Euro

Betriebsweisen

Die aktuelle Betriebsweise des ZKW Lübeck Ende 2006 ohne Filtrationsanlage ist für die Einhaltung des $N_{\text{ges,anorg.}}$ -Überwachungswertes optimiert, ggf. auch unter Zulassung von leicht erhöhten $\text{NH}_4\text{-N}$ -Ablaufwerten. In Abhängigkeit der zukünftigen Betriebsweise der Festbettreaktoren hinsichtlich Denitrifikation oder Nitrifikation ergeben sich neue Anforderungen für die Betriebsweise der vorgeschalteten Belebungsstufe.

Derzeitiger Betrieb

Die Belebungsanlage ist als 2-stufige Kaskadendenitrifikation ausgeführt. Der gesamte Rücklaufschlamm (RS) sowie ca. 50% des Rohabwassers gelangen in die Belebung 1. Der gereinigte Ablauf der Belebung 1 gelangt mit ebenfalls ca. 50% des Rohabwassers in die Belebung 2. Die Schlammbelastung in beiden Belebungen kann aufgrund des Einschlammsystems gleichgesetzt werden. Entscheidend für die Reinigungsleistung bezgl. der Parameter Ammonium (NH_4) und Nitrat (NO_3) ist der erzielbare mittlere TS-Gehalt in der Belebung. Dieser ist wiederum abhängig von den Schlammeigenschaften (ISV-Wert), der sich mit der Inbetriebnahme der neuen Biologie eingestellt hat und der davon beeinflussten Leistung der neuen Nachklärbecken, vgl. Abbildung 1.

In der Planung für die Nachklärbecken wurde davon ausgegangen, dass bis zu einem ISV-Wert von 125 ml/g ein TS-Wert von 4,5 g/l erreicht werden kann. Im praktischen Betrieb in

2006 mit tatsächlichen ISV-Werten oberhalb von 150 ml/g hat sich ein TS-Gehalt von maximal 4 g/l bewährt. Beim Beginn des Probetriebes der Filtration muss noch zeitweise eine Umgehung der Filtration einkalkuliert werden, so dass dieser TS-Wert zunächst beibehalten wird.

Bei Anlagen mit höherer Kaskadenzahl ist eine Rückführung von nitrathaltigem Kreislaufwasser nicht erforderlich. Eine Rückführung erfolgt nur über den Rücklaufschlamm. Es stellen sich in den ersten Kaskaden zudem höhere TS-Gehalte als in der letzten Kaskade ein. Bei der vorliegenden 2-stufigen Anlage kann eine weitergehende Denitrifikation erst durch den Betrieb eines externen Kreislaufes (KL_{ext.}, vom Ablauf der Belebung 2 in den Zulauf der Belebung 1) erreicht werden. Je nach Höhe des Kreislaufverhältnisses gleicht sich der TS-Gehalt in der Belebung 1 dem TS-Gehalt der Belebung 2 an. Das System entspricht bei hohen Kreislaufwasserverhältnissen somit eher einer zweistufigen vorgeschalteten Denitrifikation.

Betriebsweise mit Filtrationsstufe

Bestimmend für die maximale Belastung der 2-Stufenfiltration ist der Ablauf der Belebungsstufe bei niedrigen Abwassertemperaturen und hohen Spitzenbelastungen als Folge von Mischwasserzufluss. Für die betriebsstabile Einhaltung des NH₄-N-Überwachungswertes von < 8 mgN/l bereits im Ablauf der Nachklärung ist ein TS-Gehalt von 4,5 g/l in der Belebung 2 und die Anpassung der belüfteten Beckensegmente erforderlich. Leicht erhöhte Feststoffgehalte im Ablauf der Nachklärbecken können unter Berücksichtigung der nachgeschalteten Filtration toleriert werden.

Vorteil für den Betrieb der 2-Stufenfiltration ist dann, dass in dieser Stufe keine weitere Nitrifikation erfolgen müsste. Die Festbettreaktoren der ersten Filterstufe könnten zur Denitrifikation auf Werte < 2 mgNO₃-N/l eingesetzt werden. Die zweite Filterstufe kann für den Feststoffrückhalt optimiert werden. Parallel ist weiterhin eine Substratzugabe für die Denitrifikation in der Belebung und der 2-Stufenfiltration erforderlich, deren Umfang und Verteilung auf die einzelnen Reinigungsstufen im Betrieb angepasst wird.

Sollte der Probetrieb ergeben, dass die Ammoniumspitzen in der Belebung nicht ausreichend nitrifiziert und hydraulisch abgepuffert werden, kann nach entsprechender Einfahrzeit die alternative Betriebsweise mit Restnitrifikation in der ersten FBR-Filterstufe und Restdenitrifikation in der zweiten Filterstufe realisiert werden.

Ausblick

Seit mehreren Jahren wird das Zentralklärwerk Lübeck schrittweise ausgebaut. Dieses abgestufte Vorgehen hat es ermöglicht, die aufgetretenen Veränderungen im Bereich der Indirekteinleiterstruktur und Zulaufbelastung durch Anpassung der Verfahrenstechnik in den verschiedenen Reinigungsstufen zu berücksichtigen. Die umfangreiche Weiternutzung vorhandener Beckenvolumina hat das heute vorliegende Verfahrenskonzept geprägt. Die sich daraus ergebenden verfahrenstechnischen Zusammenhänge sind vergleichsweise komplex. In 2007 erfolgen die Inbetriebnahme und der vorgesehene halbjährige

Probetrieb der Biofiltration, in dem eine Reihe betrieblicher Umstellungen auch im Bereich der vorgeschalteten Reinigungsstufen erforderlich werden.

Nach Stilllegung der Kläranlage Ochsenkopf befinden sich die beiden verbleibenden Lübecker Kläranlagen, das Zentralklärwerk und Kläranlage Priwall, auf einem vergleichbaren technologischen Stand zur Erfüllung der hohen Reinigungsanforderungen.

Quellenverzeichnis

- Buß S., Günter H., Sekoulov I. (1994):** Erfahrungen bei der Inbetriebnahme der 2-Stufen-Filtration auf der Kläranlage Priwall, 7. Fachtagung "Weitergehende Abwasserreinigung als Beitrag zum Schutz von Nord- und Ostsee", Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft Band 15
- PIK GmbH (2001):** Gutachten zur Konzeption der 3. Reinigungsstufe, unveröffentlichtes Gutachten des Privatinstitut für Klärtechnik GmbH, Bad Schwartau, 27.04.2001