

PROBEBETRIEB UND LEISTUNGSTEST DER 2-STUFIGEN BIOFILTRATION DES ZKW LÜBECK

J. Einfeldt ^{1*}, M. Hesse ², L. Hilgendorf ² und D. Sklarski ²

¹ *Privatinstitut für Klärtechnik GmbH, Botterstieg 1, 23611 Bad Schwartau*

² *Entsorgungsbetriebe Lübeck, Malmöstraße 22, 23560 Lübeck*

**Verantwortlicher Autor, e-mail einfeldt@pik-net.de*

ZUSAMMENFASSUNG

Der Ausbau des Zentralkläranwerkes 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. Auf der 19. Fachtagung für Abwasserwirtschaft und Gewässerentwicklung in Lübeck (2007) wurde bereits über die Einbindung der Biofiltration als abschließender Schritt einer mehrstufigen bau- und verfahrenstechnischen Optimierung berichtet. In 2008 erfolgte nunmehr die Inbetriebnahme der Biofiltration, ein halbjähriger Probebetrieb und Anfang 2009 ein Leistungstest zur Überprüfung von Garantiewerten.

Im Vortrag wird auf die Betriebsergebnisse und die Betriebsstabilität der zur Denitrifikation genutzten ersten Festbett-Filterstufe eingegangen. Die Festbetthöhe erforderte im Probebetrieb eine Optimierung des Spülprogrammes und eine Anpassung von Betriebsparametern, um das gesamte Filterbett auszunutzen. Die verfahrenstechnischen Wechselwirkungen mit der als Kaskadendenitrifikation betriebenen Belebungsstufe werden beschrieben. Die Auswirkungen des Filtrationsbetriebes und betrieblicher Umstellungen im Bereich der ersten biologischen Stufe hinsichtlich des Energie- und Substratbedarfes werden dargestellt.

KEYWORDS

Biofiltration, Mehrstufige Verfahren, Festbettreaktor, nachgeschaltete Denitrifikation, Kaskadendenitrifikation

EINLEITUNG

Die Reinigung der von rund 250.000 Einwohnern sowie aus Gewerbe und Industrie stammenden Abwässer der Hansestadt Lübeck erfolgt im Wesentlichen in den Kläranlagen „Zentralkläranwerk Lübeck“ und „Priwall“. Das Zentralkläranwerk Lübeck (ZKW) ist für den zentralen Stadtbereich sowie für die Bereiche Siems, Schlutup und Kücknitz zuständig, in der Kläranlage Priwall werden die Abwässer aus Travemünde behandelt. Die frühere Kläranlage Ochsenkopf ist seit 2008 über eine Druckleitung an das ZKW Lübeck angeschlossen.

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

Das ZKW Lübeck reinigt neben dem Abwasser aus dem Lübecker Stadtgebiet die Abwässer der Randgemeinden Bad Schwartau, Stockelsdorf und Groß Grönau. Insgesamt ist seit dem Umschluss der Kläranlage Ochsenkopf mit einem jährlichen Anfall von rund 18 Mio. m³ Abwasser zu rechnen.

Das verfahrenstechnische Gesamtkonzept geht zurück auf eine halbertechnische Versuchsanlage, die in 1990/91 auf dem ZKW Lübeck zur Gewinnung von Bemessungsparametern betrieben wurde. 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 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.

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. Aufgrund dieser Abwassercharakteristik war im Ablauf der Nachklärung mit N_{ges,anorg}-Spitzen bis zu 20 mgN/l zu rechnen, welche zukünftig in einer 1. Filtrationsstufe (Festbettreaktoren FBR) auf < 10 mg/l denitrifiziert werden sollten. Als Option wurde die Möglichkeit eine Belüftung der 1. Filtrationsstufe vorgesehen, so dass dem Betrieb eine maximale Flexibilität durch die mögliche Nutzung der FBR-Stufe zur Restnitrifikation gegeben ist.

ZKW LÜBECK

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. Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Behandlungsstufen des ZKW Lübeck und der baulichen Umsetzung der Filtration findet sich im Tagungsband 2007 [Einfeldt et al., 2007].

Für die Filtration ergaben sich neben den Aufgaben der Phosphorelimination und der Entnahme von Feinstsuspensa die zusätzlichen Aufgaben der Restdenitrifikation und Rückhaltung zeitweilig erhöhter Suspensagehalte.

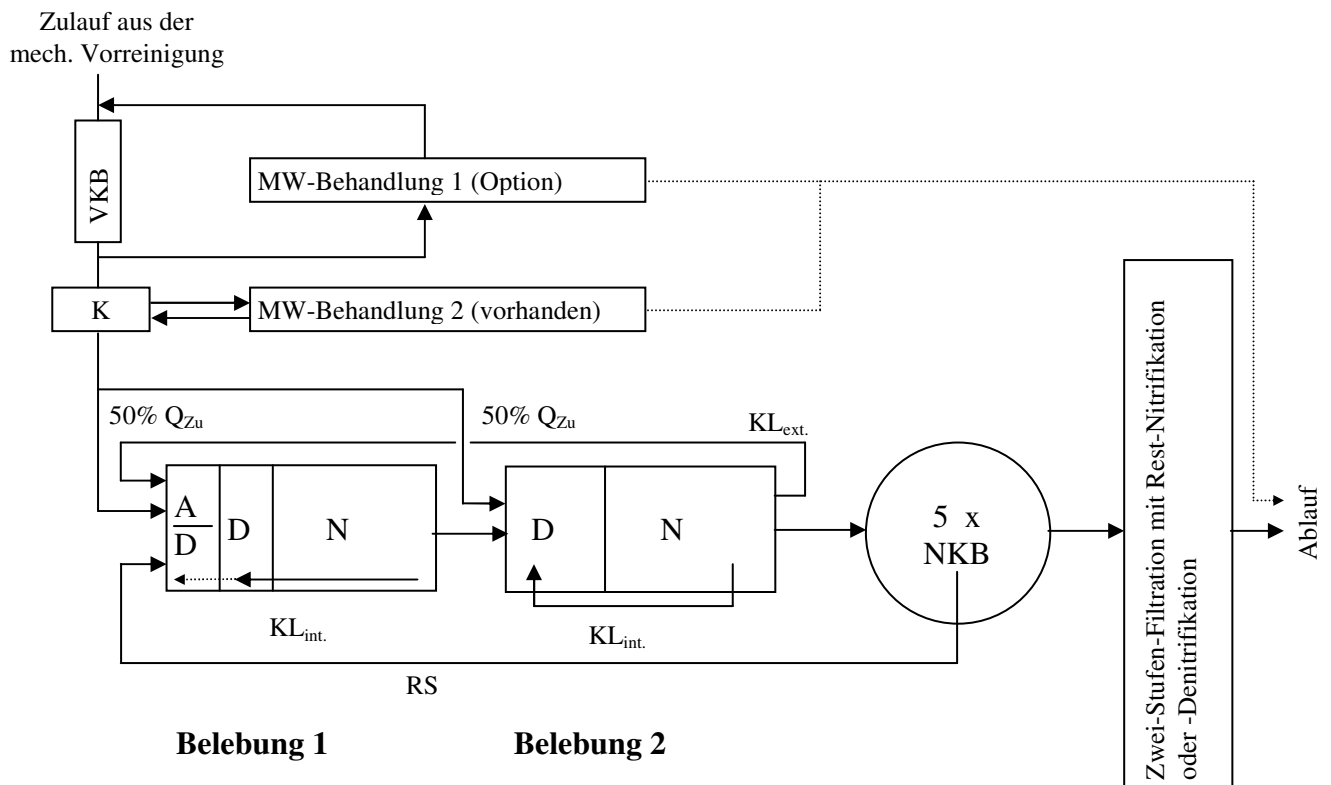


Abb. 1: Vereinfachtes Verfahrensschema des ZKW Lübeck mit Kaskadendenitrifikation und Filtration [Einfeldt et al., 2007].

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

INBETRIEBNAHME DER 2-STUFEN-FILTRATION

Die Filtration ist gegliedert in jeweils 12 einzelne Reaktoren für die aufwärts durchströmte FBR-Stufe und die abwärts durchströmte Flockungsfiltration (FF). Vorgesaltet 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.

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 $\text{NH}_4\text{-N}$ -Überwachungswertes von $< 8 \text{ mgN/l}$ bereits im Ablauf der Nachklärung ist ein TS-Gehalt von $4,5 \text{ g/l}$ in der Belebungsstufe 2 und die Anpassung der belüfteten Beckensegmente erforderlich. Zeitweise 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 muss. Unter diesen

Randbedingungen wurde zunächst die Betriebsweise Denitrifikation für die erste Filterstufe festgelegt. Hätte der Probebetrieb ergeben, dass die Ammoniumspitzen in der Belebung nicht ausreichend nitrifiziert und hydraulisch abgepuffert werden, wäre nach entsprechender Einfahrzeit die alternative Betriebsweise mit Restnitrifikation in der ersten FBR-Filterstufe und Restdenitrifikation in der zweiten Filterstufe möglich gewesen. Bei den aktuellen Belastungszuständen in 2008/2009 war eine solche Notwendigkeit jedoch nicht gegeben. Die Festbetthöhe H der ersten Filterstufe ist auf Grund der Dimensionierung als Festbettreaktor zur Nitrifikation und als Raumfilter zum Feststoffrückhalt für Zulaufkonzentrationen bis zu 75 mg/l abfiltrierbare Stoffe (AFS) mit $H = 5,0$ m für ein Festbett zur Denitrifikation vergleichsweise hoch.

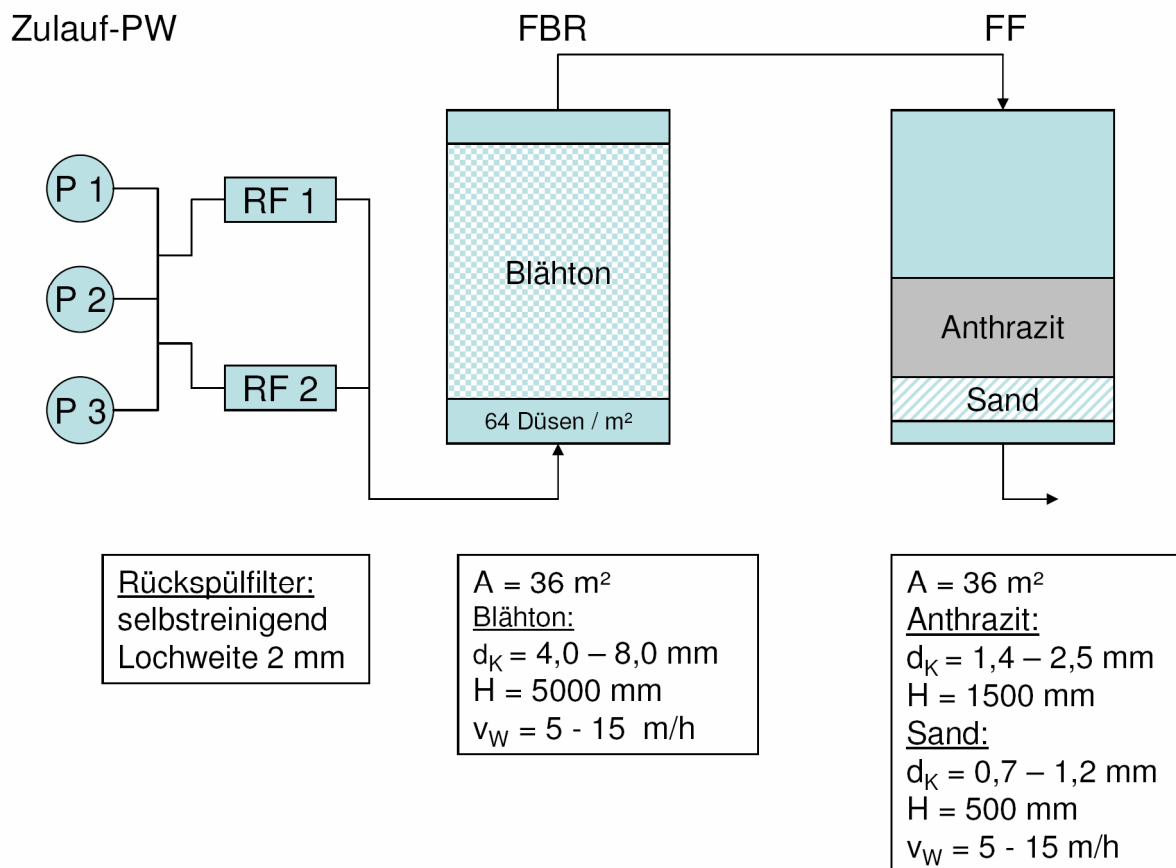


Abb. 2: Vereinfachtes Fließschema für den Bereich Filtration: Aufgeteilt in drei Filterstraßen, je Straße 3 Zulaufpumpen, 2 Rückspülfilter, 4 Festbettreaktoren (FBR) und 4 Feinfilter (FF).

Nach Fertigstellung und Inbetriebnahme der Filtration im 1. Halbjahr 2008 wurde zunächst unter Regie der Herstellerfirma (Krüber-WABAG, Kulmbach) ein halbjähriger Probebetrieb durchgeführt. Während des Probebetriebes erfolgte der Betrieb der Anlage unter ausschließlicher Anweisung durch die Herstellerfirma. Die Entsorgungsbetriebe Lübeck waren beteiligt durch Übernahme der Energie- und Verbrauchskosten sowie Gestellung von Betriebspersonal, das in dieser Phase für alle erforderlichen künftigen Arbeiten einschließlich Wartung und Instandhaltung theoretisch und praktisch geschult wurde.

Ziel des Probetriebs war es, die vom Anlagenhersteller angegebenen Ersteinstellungen der Mess- und Regelparameter sowie die Spülprogramme im Dauerbetrieb zu testen, mögliche Fehleinstellungen zu erkennen und ggf. zu korrigieren. Der Probetrieb wurde von einer erheblich erweiterten und verdichteten Laboranalytik begleitet.

Der halbjährige Probetrieb endete Anfang 2009 mit Durchführung eines abschließenden Leistungstestes. In einem Betriebsversuch von zwei Tagen Dauer wurde eine begrenzte Anzahl von Filterzellen nach einem festen Programm mit den Bemessungsfrachten belastet. Dabei sollte der Nachweis erbracht werden, dass die vorgegebenen Ablaufgrenzwerte jederzeit eingehalten werden können.

Ergebnisse Probetrieb

Die Phase „Probetrieb“ umfasste einen Zeitraum von Mitte Juni 2008 bis Mitte Januar 2009. Die Filtration wurde zunächst mit einem Standard-Spülprogramm betrieben.

Anfang Juli wurde nach nicht einmal 4 Wochen Betrieb ein erheblicher Filtermaterialaustrag aus einigen FBR festgestellt, wodurch mehrere Zulaufklappen zur 2. Filterstufe in Störung gingen. Im Laufe eines Wochenendes führte dies dazu, dass die FF-Filter der zweiten Stufe nicht mehr gespült werden konnten, und schließlich die automatische Umfahrung der zweiten Filterstufe einsetzte. Hierdurch kam es zur weiteren Verschleppung von Blähton bis in die Reinwasserkammer und andere nachgeschaltete Anlagenteile.

Als Ursache wurde ein fehlerhafter Spülprogrammablauf festgestellt. Bei Wiederinbetriebnahme der Festbettreaktoren nach einem Spülvorgang wurde der noch vorhandene Wasserüberstau abgelassen und gleichzeitig die Beschickungsleitung wieder geöffnet. Durch das schnelle Absenken des Überstaus und das von unten nach oben einsetzende Durchströmen des FBR kam es zu „Stickstoffgas-Eruptionen“, bei denen Blähton ausgespült werden konnte. Dieses Phänomen trat erst in Erscheinung, nachdem sich ein ausreichender denitrifizierender Biofilm auf den Blähtonkügelchen gebildet hatte.

Allerdings kam es auch wiederholt zu derartigen Gaseruptionen während des Spülvorganges selbst. Hier ist denkbar, dass unzureichende Spülvorgänge für Teilverblockungen im Filtermaterial verantwortlich sind. Daher wurden die Spülprogramme anhand von zwei Kriterien detaillierter untersucht:

- a) Untersuchung der sedimentierbaren Stoffe im Spülwasser nach den einzelnen Spülschritten. Zum Ende des letzten Spülschrittes sollte deren Wert möglichst gering sein.
- b) Regelmäßiges Festhalten der aktuellen Betriebszustände der FBR-Reaktoren. Insbesondere wurden hierbei Handmessungen des Wasserstandes in den Zulaufkammern zu allen 12 FBR-Reaktoren durchgeführt. Die Aufzeichnungen dieser Wasserstände als eine einfach zu ermittelnde Vergleichsgröße für den Druckverlust der FBR werden für charakteristische Zeiträume mit gleichen Betriebseinstellungen, insbesondere gleichem Spülprogramm, ausgewertet. Dabei wurde der jeweils ermittelte Wasserstand als NN-Höhe in der Zulaufkammer angegeben und in Abhängigkeit von der jeweiligen Flächenbeschickung und der jeweiligen Betriebszeit im xyz-Diagramm dargestellt. Ein entsprechendes Beispiel zeigt die Abbildung 3. Der zugehörige Wasserstand in den einzelnen FBR wurde in dieser vereinfachten Betrachtung nicht mit gemessen, dieser schwankt zwischen $W_{sp.min} = 6,87 \text{ mNN}$ (Ablaufkante) und $W_{sp.max} = 7,05 \text{ mNN}$.

Ergänzt durch das visuelle Bild des aufgewühlten Filterbettes während des Spülens und der erkennbaren Spülwassertrübung wurde das Spülprogramm schrittweise an die Erfordernisse der relativ großen Betthöhe angepasst. Deutlich zu erkennen ist in Abbildung 3 der in Richtung hoher Betriebszeiten und hoher Flächenbeschickungen ansteigende erforderliche

Vordruck in der Zulaufkammer. Dass diese grafischen Darstellungen im Zusammenhang mit der aktuellen Belastungssituation zu diskutieren sind, zeigt das Beispiel in Abbildung 4. Bei erheblicher Erhöhung der Feststoffbelastung der Filtration (Rücklaufschlammdosierung in den Zulauf, bis zu 24 mgAFS/l in der Tagesmischprobe), zeigt sich bei kurzen bis mittleren Betriebszeiten im Wesentlichen keine Erhöhung der Druckverluste. Erst bei Betriebszeiten oberhalb von etwa 18 Stunden steigt der Druckverlust merklich an. Trotz hoher Feststoffbelastung ist es aber bei inzwischen weiter verbessertem Spülprogramm hier nicht zu einer „schleichenden“ Anreicherung von Feststoffmaterial im Filterbett gekommen, was sich in erhöhten Druckverlusten bei geringen Betriebszeiten hätte bemerkbar machen müssen. Generell deutlich niedrigere Vordruckhöhen waren kurz nach Inbetriebnahme, d.h. bei nur wenig entwickeltem Biofilm und relativ geringen $\text{NO}_3\text{-N}$ -Zulaufkonzentrationen, zu verzeichnen gewesen.

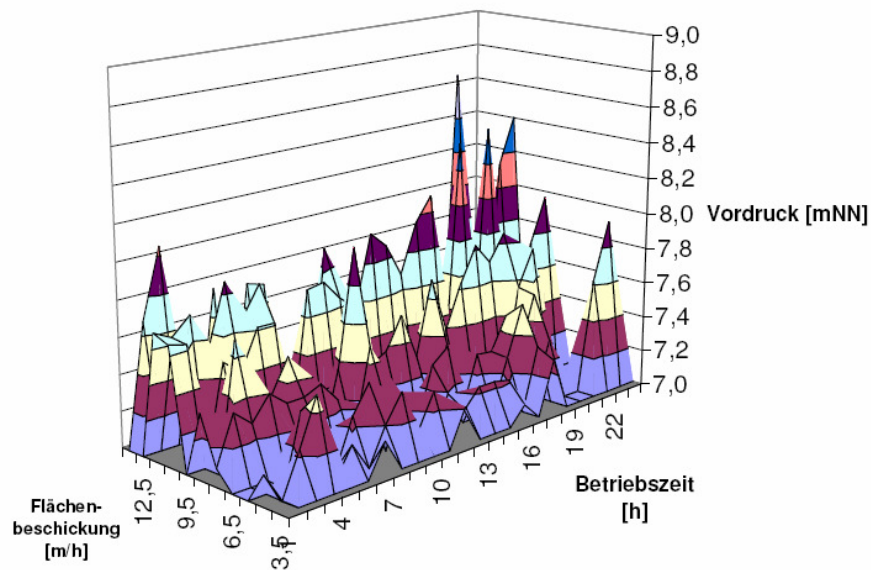


Abb. 3: Wasserstandsmessungen in den Zulaufkammern der FBR, Zeitraum 29.09.-06.10.08

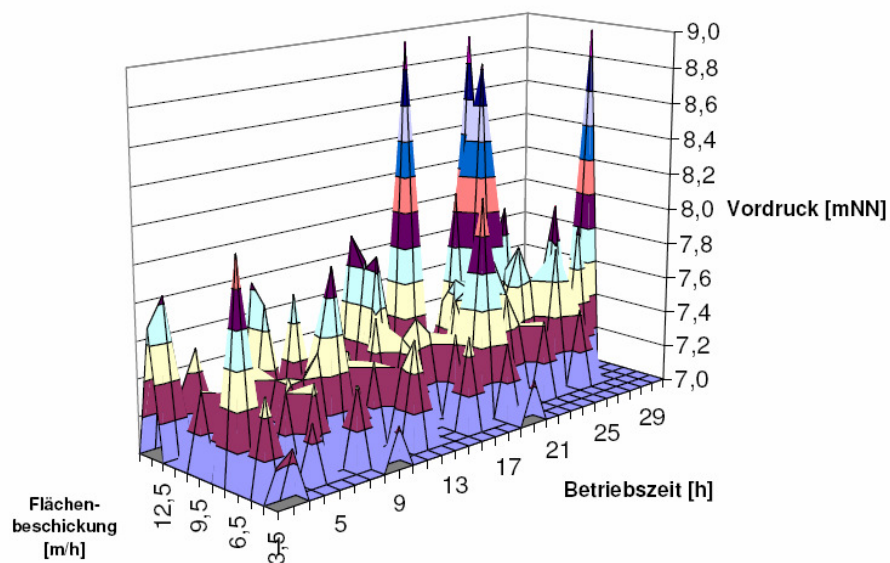


Abb. 4: Wasserstandsmessungen in den Zulaufkammern der FBR, Zeitraum 15.12.-22.12.08

Auch die Erhöhung der FBR-Flächenbeschickung von ursprünglich 5-10 m/h im Trockenwetterbetrieb auf etwa 8-12 m/h hatte sich positiv auf das Betriebsverhalten ausgewirkt. Insbesondere nach längeren Trockenwetterphasen mit niedrigen Flächenbeschickungen war es zuvor zu erhöhten Druckverlusten im Filterbett gekommen. Es wird angenommen, dass in diesen Betriebszuständen die Denitrifikation vermehrt im untersten Filterbereich (mit verstärkter Verblockungstendenz) erfolgt, während bei höheren Flächenbeschickungen das Nitrat tiefer ins Filterbett eingetragen wird und das Bett besser ausgenutzt wird.

In Abbildung 5 sind die Zu- und Ablaufwerte der Filtration für $\text{NO}_3\text{-N}$ dargestellt. Bis Anfang September lagen die Zulaufkonzentrationen, d.h. die Konzentrationen im Ablauf der Belebungsstufe, noch auf einem sehr niedrigen Niveau. Um die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Zulaufkonzentrationen zu den FBR zu erhöhen, wurde in der Belebungsstufe der externe Kreislauf ab 03.09.08 abgeschaltet. Ab Mitte September entfiel die Substratdosierung in die Belebungskaskade. Hier wurde lediglich alle zwei Tage mit einer geringen Erhaltungsdosierung gearbeitet, um notfalls relativ schnell ohne längere Adaptionszeiten an Methanol wieder mit Substratdosierung fahren zu können. Seit Ende Januar 2009 ist auch die Erhaltungsdosierung ausgeschaltet.

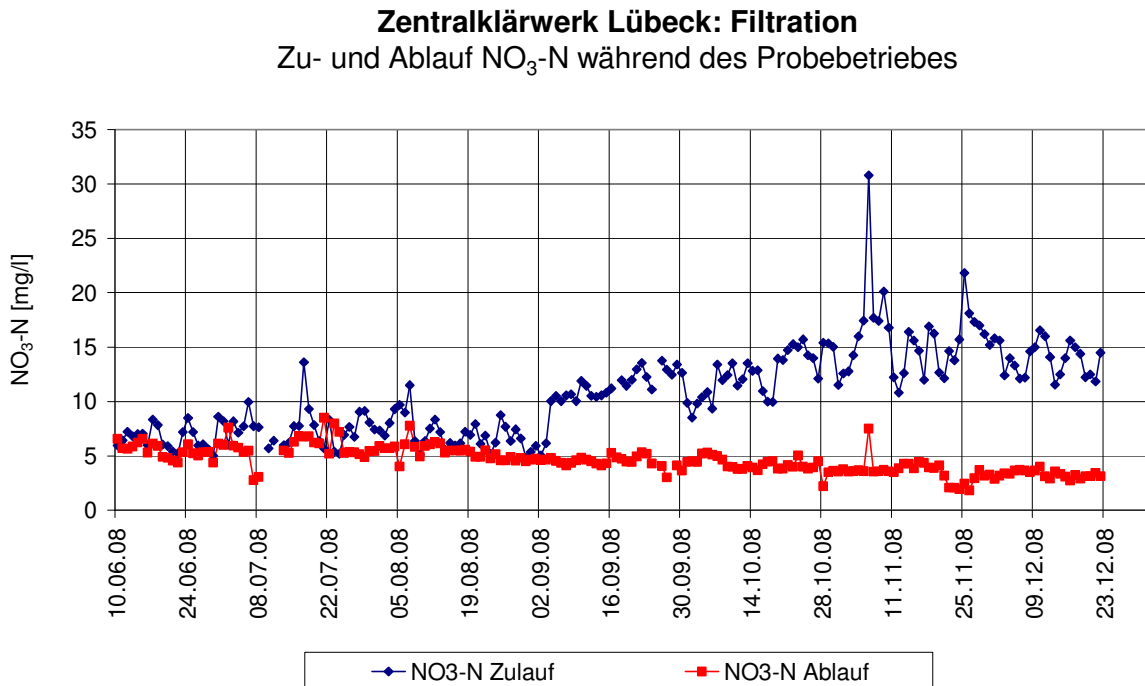


Abb. 5: Verlauf der Nitratwerte im Zulauf und Ablauf der Filtration während des Probebetriebes

In Abbildung 6 sind die Zu- und Ablaufwerte der Filtration für $\text{PO}_4\text{-P}$ sowie der Ablaufwert für P_{ges} dargestellt. Der Grenzwert von 0,5 mgP/l kann trotz stark schwankender Zulaufwerte in den Tagesmischproben sehr betriebsstabil eingehalten werden. Da derzeit die Fällmitteldosierung im Bereich der Belebung aufgrund der mittlerweile zu großen Dosierpumpen nur zeitgesteuert erfolgt, kann es im Zulauf zur Filtration, insbesondere bei Stoßeinleitungen im Kläranlagenzulauf, in der Stichprobe zu Konzentrationen oberhalb von 2 mgP/l kommen. Hier sind dann die Fällmitteldosierpumpen in der Filtration der begrenzende Faktor.

Zentralklärwerk Lübeck: Filtration
Zu- und Ablauf PO₄-P während des Probetriebes

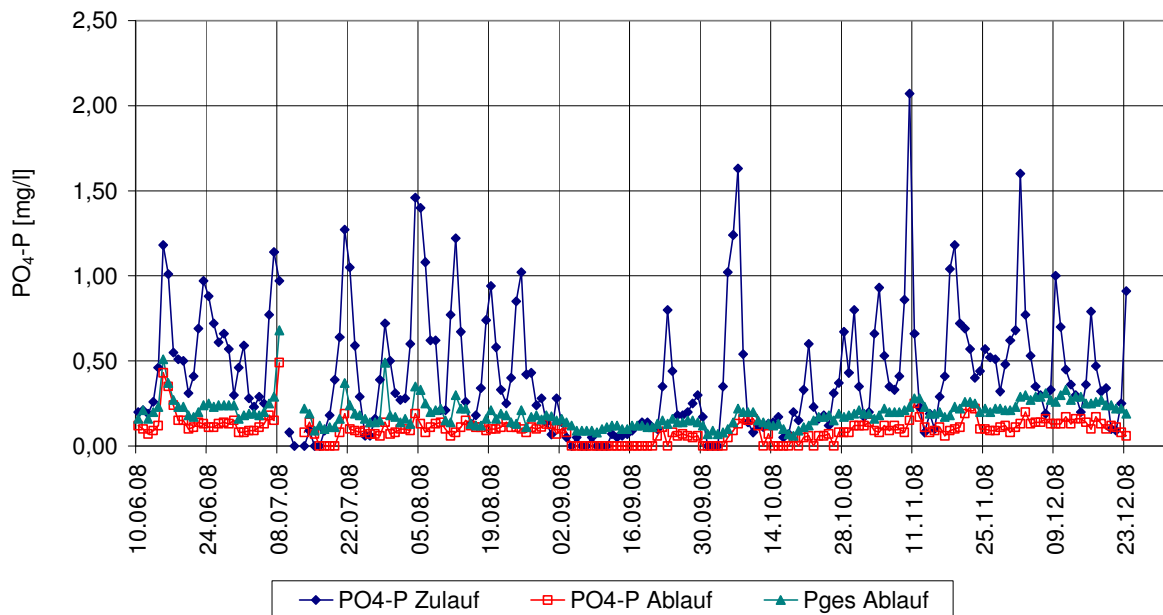


Abb. 6: Verlauf der Phosphatwerte im Zulauf und Ablauf der Filtration während des Probetriebes

Leistungstest

Die Bemessungsfrachten für die 2-Stufen-Filtration sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Für den Leistungstest wurden mehrere FBR und FF über 48 Stunden mit vorgegebenen Tagesfrachten hinsichtlich Nitrat, Phosphat und abfiltrierbaren Stoffen beschickt. Über einen Zeitraum von jeweils 6 Stunden täglich mussten dabei im Zulauf die vorgegebenen maximalen Bemessungsfrachten für diese drei Parameter eingehalten werden.

Während des Leistungstests erfolgte die Überwachung der Anlage über die installierten Online-Messeinrichtungen und die Aufzeichnungen des PLS. Zu Beginn des Versuches wurden einzelne Zulauf-Stichproben analysiert, um die Einstellung der vorgegebenen Zulaufkonzentrationen zu überprüfen. Die Auswertung der erzielten Reinigungsleistung erfolgte anhand der vom Labor aus den 2h Mischproben gewonnenen Analysedaten.

Tab. 1: Bemessungsfrachten 2-Stufen-Filtration ZKW Lübeck

	Fracht	Konzentration
AFS:	413 kg/h	75 mg/l
N _{anorg.}	110 kg/h	20 mg/l
NO ₃ -N	110 kg/h	20 mg/l
PO ₄ -P	6 kg/h	1,5 mg/l

In der Abbildung 7 ist der Verlauf der Denitrifikationsgeschwindigkeit in der ersten Filterstufe grafisch dargestellt. Bezogen auf das Filterbettvolumen wurden Werte von rund 52 gNO₃-N/(m³·h) erzielt. Bei den im geregelten Betrieb erzielten Ablaufwerten von 3 bis 6 mgNO₃-N/l bei Zulaufkonzentrationen von 18 bis 20 mgNO₃-N/l wirkte die vorhandene Nitrat-Zulaufkonzentration limitierend.

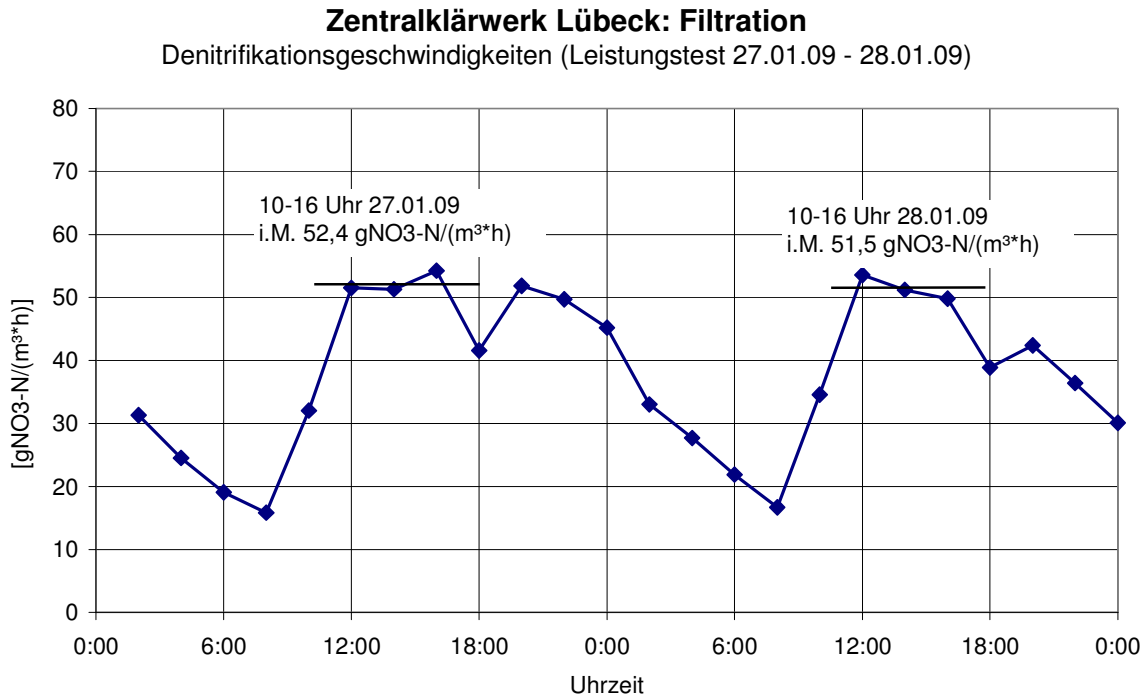


Abb. 7: Verlauf der Denitrifikationsgeschwindigkeit in der Filtration während des Leistungstestes, Januar 2009

Unter diesen Randbedingungen schwankte der Substratbedarf zwischen 3,2 kgCSB/kgN_{abgebaut} und 5,1 kgCSB/kgN_{abgebaut}, im Mittel 4,1 kgCSB/kgN_{abgebaut}.

Die Spülwassermengen betragen während des Probebetriebes (Auswertung für Monat November 2008) und während des Leistungstests bezogen auf die Zulaufmenge zur Filtration etwa 5 bis 6 %. Dabei kann aufgrund der Erfassung der Spülwassermengen als Gesamtmenge leider nicht zwischen erster und zweiter Filterstufe unterschieden werden. Die mittlere Laufzeit der FBR-Reaktoren zwischen zwei Spülungen liegt im Denitrifikationsbetrieb im Monatsdurchschnitt bei 21 bis 24 Stunden (Probebetrieb im September - Dezember 2009) und kann bei Maximalbelastung (Leistungstest) auf etwa 17 bis 19 Stunden sinken.

Als spezifischer Energiebedarf wurde für die 2-Stufen-Filtration im Leistungstest ein Wert von rd. 0,075 kWh/m³ ermittelt. Seit Inbetriebnahme der Filtration konnte auf die Kreislaufwasserführung im Bereich der Belebung verzichtet werden, wodurch ein spezifischer Energiebedarf von etwa 0,04 bis 0,05 kWh/m³ gegen gerechnet werden kann.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der Ausbau des Zentralkläwerks Lübeck mit einer zweistufigen Biofiltration konnte als eine der letzten großen Baumaßnahmen im Bereich der schleswig-holsteinischen Kläranlagen nunmehr abgeschlossen werden. In einem halbjährigen Probetrieb und mit einem Leistungstest Anfang 2009 wurde die Leistungsfähigkeit zur Einhaltung der Garantiewerte überprüft und bestätigt. Im Rahmen der technisch-wirtschaftlichen Optimierung des Verfahrenskomplexes Kaskadenbelebung / 2-Stufen-Filtration werden hierauf aufbauend folgende Aufgabenfelder bearbeitet:

- Festlegung von Schaltungspunkten, Steuer- und Regelparametern, Dosiermengen, Spülprogrammen und Optimierungsmaßnahmen im Bereich der 2-Stufen-Filtration mit Anpassung des Filterbetriebs an die durchschnittlichen aktuellen Verhältnisse sowie Berücksichtigung von Spitzenzuläufen. Abstimmung der Zugabe von externen Substratmengen in der Belebung und in der Filtration.
- Anpassung der Betriebsweise der Belebung an die im Probetrieb ermittelte Leistungsfähigkeit der 2-Stufen-Filtration. Optimierung von Reinigungsleistung, Prozessführung und Betriebssicherheit.
- Untersuchung der verfahrenstechnischen Möglichkeiten zur Verbesserung / Stabilisierung der biologischen Phosphorelimination im Bereich der Belebungsstufe.
- Abstimmung des Umfangs und der Betriebsweise der zukünftigen Simultanfällung der Belebung in Abhängigkeit der nachgeschalteten Fällung im Flockenfilter und der biologischen Phosphorelimination in der Belebungsstufe. Konzipierung und überschlägliche Dimensionierung einer geregelten Fällmitteldosierung im Bereich der Belebungsstufe.
- Erarbeitung eines Energiekonzeptes für die gesamte biologische Stufe unter Berücksichtigung des Filtrationsbetriebes, unter Einbeziehung der Erfahrungen des durchgeführten Probetriebes, jahreszeitabhängiger Fahrweise der Belebungsstufe und mit einer Optimierung der Kreislaufwasserströme.
- Erstellung eines Konzeptes für die zukünftig wirtschaftlichste Fahrweise unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten zur Vermeidung von Abwasserabgabezahlungen.
- Erstellung einer verfahrenstechnischen Betriebsanleitung für die betriebliche Praxis, so dass eine praxisnahe Zusammenstellung optimierter Schaltungspunkte, Steuer- und Regelparameter, Spülprogramme und Anpassungsalgorithmen für den zukünftigen Betrieb zur Verfügung steht.

LITERATUR

- 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
- Einfeldt J., Günter H., Hilgendorf L., Thyen E. (2007): ZKW Lübeck: Neubau einer Biofiltration und verfahrenstechnische Integration, 19. Fachtagung "Norddeutsche Tagung für Abwasserwirtschaft und Gewässerschutz", Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft Band 60, S. 95-104
- PIK GmbH (2001): Gutachten zur Konzeption der 3. Reinigungsstufe, unveröffentlichtes Gutachten des Privatinstitut für Klärtechnik GmbH, Bad Schwartau, 27.04.2001