

Untersuchungen zur Optimierung der Kläranlage Halle - Bruckdorf

Wilke, K.

In der Vergangenheit gab es immer wieder Probleme, die vom Regierungspräsidium Halle geforderten Überwachungswerte für die Kläranlage Halle-Bruckdorf einzuhalten. Im Rahmen meiner Diplomarbeit fand ich die Ursachen und gab Lösungsvorschläge.

In the past there have always been problems in achieving the correct results according to the limits given by the government of Halle / Germany in the purification plant Halle – Bruckdorf. In my examination I found out the reasons and gave several suggestions for a technical solution of these problems.

1 Problemstellung

Die Reinigungsleistung der Kläranlage war nicht zufriedenstellend. Die empfohlene CSB-Ablaufkonzentration von max. 70 % des Grenzwertes wurde langfristig überschritten. Vor allem die plötzliche Ausbildung einer Blähschlammschicht in der Nachklärung führte zu erhöhten CSB-Werten (CSB = Chemischer Sauerstoffbedarf). Die Reinigungsleistung sank hauptsächlich an den Wochenenden stark ab, so dass vermutet wurde, dass die Einleiter umwelt- und abwassergefährdende Stoffe entsorgen. Problematisch war auch die starke Schaumbildung auf der Oberfläche der Belebungsbecken, die dazu führte, dass ein Großteil der Mikroorganismen mit dem Schaum ausgetragen wurde.

2 Anlagenbeschreibung

Die Kläranlage Halle-Bruckdorf wurde zur Behandlung der Abwässer des Ortsteils und des Gewerbegebietes Bruckdorf errichtet. Es handelt sich bei der KA um eine Anlage mit mechanischer Vorreinigungsstufe (ohne Vorklärbecken) und Belebtschlammverfahren mit gemeinsamer aerober Schlammstabilisierung.

Das zulaufende Abwasser setzt sich aus den Abwässern der Betriebe des Gewerbegebietes zusammen. Kommunale Einleiter tragen unwesentlich zur Abwasserzusammensetzung bei. Die Anlage ist ausgelegt für 1250 Einwohner.

In **Bild 1** ist das Fließschema der Anlage dargestellt.

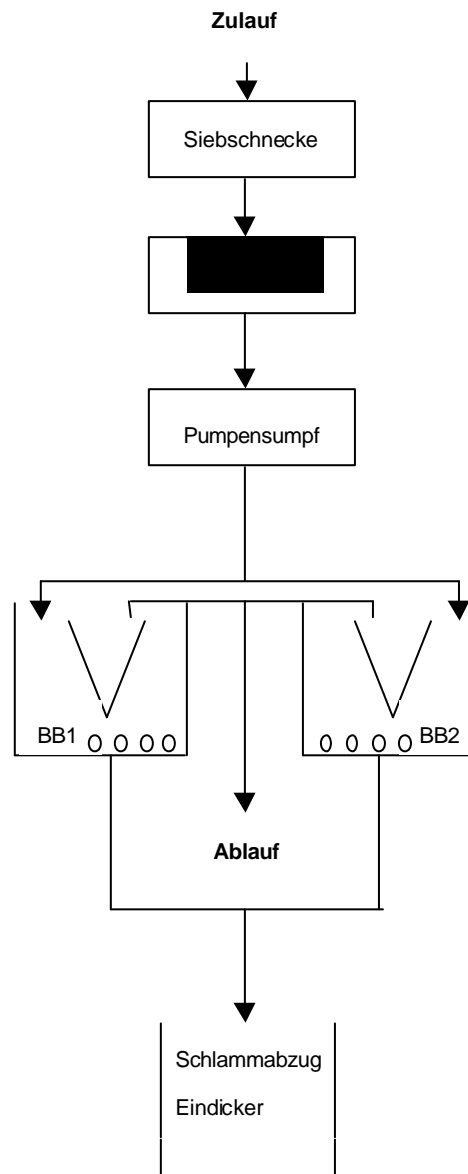


Bild 1: Fließschema der Kläranlage

Das Abwasser fließt in einem Zulaufschacht mit Grobfanggitter zu. Mittels der Siebschnecke mit integrierter Siebgutpresse werden die Schwimm- und Schwebstoffe sowie größere Sinkstoffe aus dem zulaufenden Abwasser entfernt, durch ein Steigrohr nach oben transportiert, entwässert und in einem Container gelagert. Das Presswasser fließt zu-

rück in das Gerinne, quert den Sandfang und gelangt in den Pumpensumpf.

Über ein Zwillingspumpwerk mit Niveausteuern werden die biologischen Reaktoren (BB1, BB2) beschickt. Im Zulaufstrang sind pH- und Durchflußmesser installiert. Um eine automatisch kontinuierliche Beschickung der Reaktoren zu gewährleisten, wurde das IDM mit einer motorgesteuerten Klappe und einem Kompaktregler gekoppelt.

Bei der biologischen Reinigungsstufe (**Bild 2**) handelt es sich um eine feinbelüftete Belebung mit aerober Schlammstabilisierung. Die Belüftung erfolgt mit 32 Membranbelüftern, die sowohl für ausreichend Sauerstoff, als auch für die hydraulische Durchmischung sorgen.

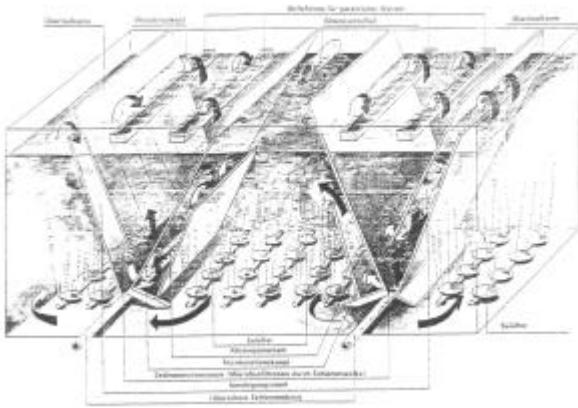


Bild 2: Prinzip der biologischen Reinigungsstufe mit integrierter Nachklärung

Die Nachklärung besteht aus zwei trichterförmigen Zonen, die in die Belebung integriert sind. In der Nachklärzone werden die Belebtschlammflocken in einem Schwebbetfilter, der sich aus Bakterienflocken gebildet hat, abgetrennt.

Das gereinigte Abwasser gelangt über die Ablaufrinnen in den Ablaufkanal, wo sich wiederum pH- und IDM-Meßgeräte befinden.

Der Überschussschlamm wird abgezogen und in den statischen Eindicker verbracht. Das Funktionsschema ist in **Bild 3** dargestellt. Der eingedickte Schlamm wird dann mittels Schlammsaugwagen entsorgt.

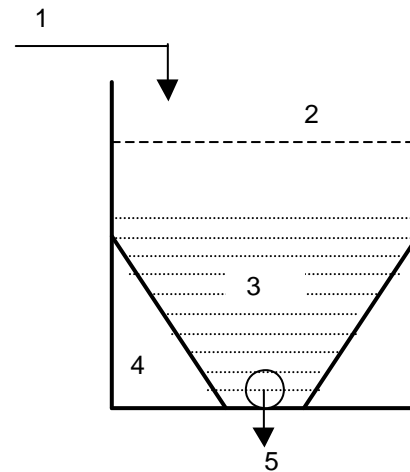


Bild 3: Schema des statischen Eindickers

- 1: Überschussschlammzulauf
- 2: Überstandswasser
- 3: Abgesetzter und eingedickter Schlamm
- 4: Trichterförmiger Boden
- 5: Schlammabzug

3 Bewertung des Betriebszustandes

In den folgenden Kapiteln wird der Istzustand der Kläranlage beschrieben, um die Notwendigkeit der Optimierung deutlich zu machen.

3.1 Zuflussmengen

Kläranlagen werden in erster Linie nach dem anfallenden Abwassermengen ausgelegt und gebaut. Die maximal zulässige Tagesmenge beträgt für diese Anlage ca. 190 m³/d. Betrachtet man **Bild 4**, so erkennt man, dass z. B. im Januar die Grenze deutlich überschritten wurde.

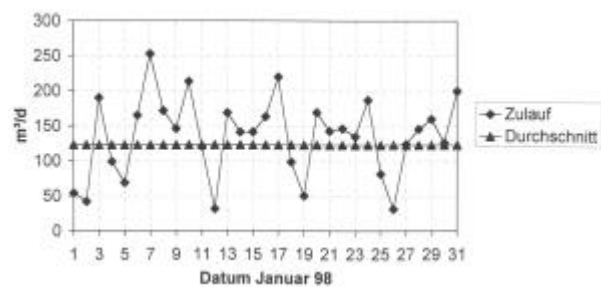


Bild 4: Zuflussmengen Januar 1998

Die Schwankungen der Zulaufmengen waren vor allem von den Mikroorganismen in den Belebungsbecken schwer zu „verdauen“. Besonders die Mangelzeiten an den Wochenenden, wenn das Einkaufszentrum geschlossen ist, führten zu einer starken Verminderung der Mikrobenpopulation, mit der Folge, dass bei Abwasserüberschuß an den Montagen, die Ein- und Vielzeller völlig überlastet waren und die Ablaufwerte der KA sich verschlechterten.

3.2 Sauerstoffversorgung

Besonders wichtig bei einer biologischen Kläranlage ist, dass in den Belebungsbecken genügend Sauerstoff gelöst ist. Als Richtwert dafür gelten 2 mg O₂/l. Sinkt der Sauerstoffgehalt über mehrere Stunden erheblich unter diesen Wert, wird das empfindliche Gleichgewicht der Mikrobenbevölkerung gestört und die Reinigungsleistung nimmt ab. In folgendem **Bild 5** sind die Sauerstoffgehalte der beiden Belebungsbecken über den Zeitraum von einem Tag dargestellt.

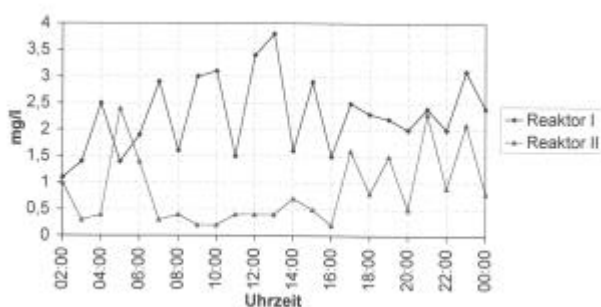


Bild 5: Tagesgang Sauerstoffgehalt der Bioreaktoren

Der Sauerstoffgehalt in den Belebungsbecken wurde über Sauerstoffmesssonden ermittelt. Die Regulierung des Sauerstoffeintrages erfolgte nur über den Gehalt in Reaktor I. Sank dort der Sauerstoffgehalt unter 2 mg/l so wurde vom Gebläse die Luft mit 100 % Leistung eingetragen. Bei Gehalten über 2 mg/l lief das Gebläse auf Halblast.

Diese Art der Regulierung läuft völlig unabhängig vom Sauerstoffgehalt im Reaktor II. Im schlimmsten Fall (siehe Bild 5) bekam der Reaktor II über Stunden nicht genug Luft ab, und die Mikroorganismen begannen abzusterben.

3.3 Einleiterwerte

Die für die Abwasserreinigung entscheidenden Kennwerte, wie pH-Wert, CSB- und BSB₅-Wert (BSB₅ = Biologischer Sauerstoffbedarf) sowie der Ammonium-Gehalt besaßen im Zulauf sehr hohe Werte (siehe z.B. **Bild 6**), aber nicht zu hoch, um auf illegale Schadstoffentsorgung zu schließen. Die problematische pH-Wert-Absenkung in den Belebungsbecken hing in erster Linie mit der Abnahme, der in jedem natürlichen Gewässer vorhandenen Säurekapazität zusammen.

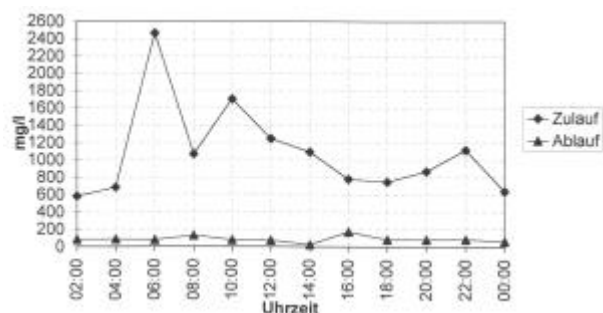


Bild 6: Tagesgang CSB-Wert

Kommunales Abwasser enthält Stickstoff in Form von Harnstoff und organisch gebundenen Stickstoff sowie einen kleinen Anteil Ammonium. Die Umsatzreaktionen des Ammoniums durch Oxidation über Nitrit zu Nitrat sind die Ursachen für die pH-Wert-Absenkung in der Belebung und im Ablauf. Die Reaktionsgleichung lautet:



Hat das zulaufende Abwasser eine geringe Säurekapazität, so können die bei der Nitrifikation frei werdenden Wasserstoffionen nicht mehr gebunden werden und der pH-Wert sinkt. Wenn die Säurekapazität kleiner als 1,5 mmol/l wird, beginnen die Belebtschlammflocken zu zerfallen, und der Absetzvorgang in der Nachklärung wird behindert. Schwebstoffe setzen sich nicht ab und gelangen in den Ablauf, verbunden mit erhöhten CSB-Werten. Sinkt der pH-Wert infolge verminderten Säurebindungsvermögens weiter ab, so kann es in der Belebung zur schnellen Vermehrung von Pilzsporen kommen. Pilze bilden große fädige Kulturen und bevorzugen saures Milieu zum Wachsen. Diese können in der Nachklärung mit den anderen Fädenorganismen zur Blähschlamm-Bildung führen.

Die Untersuchung des Trinkwassers des Zuflussgebietes ergab, dass es sich bei dem Trinkwasser, und somit auch bei dem Abwasser, um sehr weiches Wasser mit weniger als 5°dH (im gesamten restlichen halleischen Gebiet liegt sie bei > 25°dH) handelte. Somit war die natürliche Säurekapazität dieses Wassers sehr gering und Hauptursache der ungenügenden Klärleistung der Anlage.

Die Einleiter waren somit entlastet.

Durch die Zugabe einer geeigneten chemischen Substanz kann man das Absinken des pH-Wertes vermindern oder auch verhindern.

4 Laborversuche zur Ermittlung der geeigneten Substanz und Menge

Es war leider nicht möglich, die Versuche in der Kläranlage durchzuführen, weil der Kostenfaktor dabei eine zu große Rolle spielte. So wurden z.B. die üblichen Kalkgaben weggelassen, um den ursprünglichen Klärablauf herzustellen. Dabei kippte die gesamte biologische Stufe innerhalb einer Woche um und die Anlage musste neu befüllt werden. Zusätzlich kam just in dem Moment das Staatliche Umweltamt Halle zur Kontrolle vorbei und stellte eine 1000-fache Grenzwertüberschreitung des CSB-Wertes im Ablauf fest (20000 DM,- Strafe). Daraufhin habe ich mir ein Kläranlagenmodell (siehe **Bild 7**) im Labormaßstab gebaut.



Bild 7: Fotografie der Laboranlage

Als chemische Mittel zur Erhöhung der Säurekapazität kamen zum einen eine Kalkmilchemulsion und zum anderen eine alkalisch gelöste Tonerde (Natal-10) zum Einsatz.

Anhand der im Abwasser befindlichen Ammoniumkonzentration konnte die erforderliche Zugabemen-

ge der chemischen Mittel genau berechnet werden. Es wurden 5 verschiedene Versuchsreihen durchgeführt. Eine ohne Zugabe von Kalk, 3 mit den Kalkkonzentrationen 87,5 mg/l, 175 mg/l und 250 mg/l und eine mit Natal-10.

Zu Beginn einer Versuchsreihe wurde Originalbelebtschlamm aus der Kläranlage entnommen. Eine Versuchsreihe erstreckte sich über 5 Tage. Dabei wurde jeden Morgen das Originalabwasser dem Zulauf der Kläranlage entnommen und der Laboranlage alle 15 min zugegeben, bis die durchschnittliche Tagesmenge erreicht wurde. Zusätzlich wurde die erforderliche Menge an chemischen Substanzen zugegeben. Danach wurden Proben genommen und analysiert. Besonders aufschlussreich war die Beobachtung der Mikroorganismen unter dem Mikroskop, weil sofort zu erkennen war, in welchem Zustand sich der Belebtschlamm befand.

4.1 Auswertung der Versuche

Die Ergebnisse der Versuche werden in den folgende Diagrammen zusammengefasst.

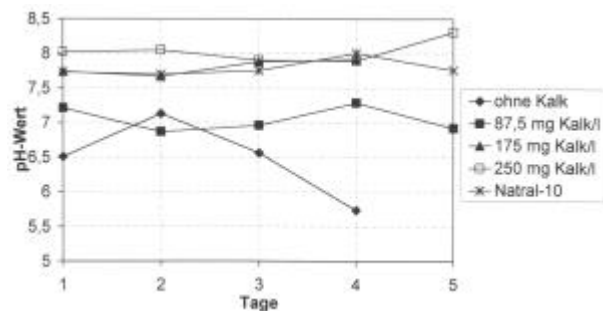


Bild 8: pH-Werte im Ablauf

Es ist deutlich zu erkennen, dass der pH-Wert der Versuchsreihe mit 87,5 mg Kalk/l annähernd konstant im Neutralbereich von pH = 7 liegt. Für den Versuch ohne Kalk ist nach 4 Tagen ein deutliches Absinken in den sauren Bereich zu erkennen. Die restlichen Versuchsreihen ergaben pH-Werte von 7,7 bis 8,2.

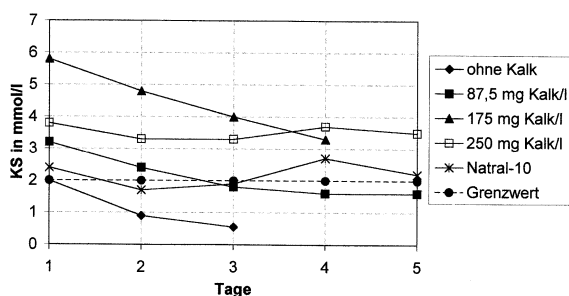


Bild 9: Abnahme der Säurekapazität in den Laborversuchen

Die Säurekapazität des Ablaufes der Versuche mit Zugabe von 175 und 250 mg Kalk/l liegt während der ganzen Versuchsreihe deutlich über $KS = 3 \text{ mmol/l}$ und somit im sicheren Bereich. Bei der Versuchsreihe mit Natral-10 liegt die Säurekapazität immer in der Nähe des Grenzwertes. Die Versuche mit wenig Kalk und ohne ergaben das erwartete Ergebnis, da hier die zugegebene OH^- -Ionenmenge nicht ausreichte, um die durch die Nitrifikation freigewordenen H^+ -Ionen zu binden.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Untersuchungen zur Optimierung der Kläranlage bezogen sich auf drei Teilgebiete:

- 1.) Begutachtung der Kläranlagentechnologie und der Betriebsweise.

Durch das tägliche Beobachten des Kläranlagenbetriebes konnten Fehlerquellen aufgedeckt werden. Auch die Auswertung der Online-Messungen gab Hinweise auf Probleme.

- 2.) Untersuchung des zufließenden Abwassers in bezug auf Menge und Belastung

Es wurde über einen großen Zeitraum (6 Monate) das zulaufende Abwasser analysiert. Dabei konnte den Indirekteinleitern kein Verstoß gegen das Wasserhaushaltsgesetz nachgewiesen werden. In größeren Abständen traten erhöhte Konzentrationen von schwerflüchtigen lipophilen Stoffen (Fette) auf, die zur Grenzwertüberschreitung führten. Verglich man die Daten mit dem Reinigungsprotokoll der Fettabscheider von Mc Donalds, so wurde klar, woher das Fett stammte.

Anhand der BSB_5 -Belastung des Zulaufes war erkennbar, dass die Anlage, mit den daraus errechneten Einwohnergleichwerten von 1500, deutlich überlastet ist.

Ein weiter Grund für die unzureichende Klärleistung der Anlage liegt in den Stoßbelastungen. Von Montag bis Samstag wird die Anlage überlastet und am Sonntag kommt viel zu wenig Abwasser an. Die Mikroorganismen in den Belebungsbecken können Stoßbelastungen nur schwer kompensieren, daher auch die Verschlechterung der Ablaufwerte.

- 3.) Chemische Versuche mit verschiedenen Neutralisationsmitteln

Im Labor wurden Versuchsreihen zur Prüfung der Wirksamkeit chemischer Zugabemittel in Bezug auf die Stabilisierung der Säurekapazität im Ablauf durchgeführt.

Im Folgenden werden die erkannten Probleme, welche zur ungenügenden Abwasserreinigung beigetragen haben, aufgeführt und Lösungsmöglichkeiten sowie Verbesserungsvorschläge gegeben.

1. Problem: Belebungsbecken werden ungleichmäßig mit Abwasser beschickt.

Lösung:

- 1.) Einsatz einer weiteren Pumpe, damit jeder Reaktor getrennt, aber mit der gleichen Abwassermenge versorgt wird.
- 2.) Steuerung der Zulaufmengen der Bioreaktoren durch den Einsatz von induktiven Durchflussmessern gekoppelt mit automatisch regelbaren Schiebern in jedem Zulaufrohr der Reaktoren.

2. Problem: Ungleichmäßige Sauerstoffversorgung der Bioreaktoren

Lösung:

Sauerstoffversorgung des Reaktors II von der Regelung über den Reaktor I entkoppeln. Die Messsonde von Reaktor II mit dem in der Kläranlage befindlichen Zusatzgebläse in Verbindung bringen und somit für jeden Reaktor eine separate Sauerstoffmess- und versorgungsstrecke gewährleisten.

3. Problem: Überlastung des Sand- und Schlammfanges

Lösung:

Sand- und Schlammfangrinne mehrmals wöchentlich reinigen und entleeren.

4. Problem: Abwassermangel am Wochenende

Lösung:

- 1.) Bau eines Vorratsbeckens mit 40 m^3 Volumen, in dem für die abwasserarmen Tage das Abwasser gesammelt wird und dann zur Verfügung steht.
- 2.) Das Trübwasser aus dem Eindicker mit Anteilen von noch nicht abgesetzten Belebtschlamm als BSB_5 - Quelle nutzen.
- 3.) Instandsetzung und Nutzung der vorhandenen Bypass -Schaltung für die Wochenenden.

5. Problem: Hohe BSB_5 -Schlammbelastung in den Belebungsbecken

Lösung:

Anhebung des TS-Wertes (TS = Trockensubstanzgehalt des Belebtschlammes) durch verminderten Abzug von Überschussschlamm. Damit sinkt die Belebtschlammbelastung, welche durch hohe BSB_5 - Tagesbelastung verursacht wird.

6. Problem: Verschlechterung der Ablaufwerte durch Absinken der Säurekapazität

Lösung:

- 1.) Einsatz von Kalkmilch zur Stabilisierung der Säurekapazität. Die chemischen Versuche ergaben eine optimale Kalkkonzentration im Bereich von 87,5 bis 175 mg/l.
- 2.) Einsatz des flüssigen Fällmittels Natral-10. Die chemischen Versuche ergaben eine Einsatzkonzentration von 70 $\mu\text{l/l}$.
- 3.) Die Zugabe der chemischen Mittel muss mittels Dosierpumpen erfolgen, damit eine konstante Versorgung über den ganzen Tag gewährleistet ist.
- 4.) Sobald die Trinkwasserversorgung des Einzugsgebietes der Kläranlage Halle – Bruckdorf mit Wasser des Wasserwerkes Halle gewährleistet ist, müssen die Mengen der chemischen Zugabesubstanzen verringert werden, da dann die Trinkwasserhärte höher ist und damit das Abwasser größere Säurekapazität besitzt. Es ist denkbar, dass dann völlig auf den Einsatz der Mittel verzichtet werden kann.

Literatur:

Wilke, K.: Untersuchungen zur Optimierung der Kläranlage Halle – Bruckdorf, Diplomarbeit, Institut für Thermische Verfahrenstechnik, TU Clausthal 1998