

Job-Report

Absenkung der Phosphor-Ablaufwerte auf der Kläranlage Dorlar

- Der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie folgend, werden für Kläranlagen zukünftig wesentlich geringere Ablaufwerte für Phosphor gefordert. In Hessen sind dies, je nach Anlage bis zu 0,5 mg/l für P_{ges} und 0,2 mg/l für PO_4-P (jeweils als Betriebsmittelwerte).
- Die Kläranlage Dorlar arbeitet bereits seit vielen Jahren mit dem C-N-P - Verfahren, und erreicht hierbei die geforderten Phosphor Grenzwerte bei geringerem Metalleinsatz, stark vermindertem Sauerstoffbedarf, sowie erheblich reduziertem Schlammanteil.
- Um die erforderliche Phosphor Eliminierung auch unter ungünstigen Bedingungen (z.B. Fracht- oder Hydraulikstößen) sicherzustellen, wurde das Produkt ENTEC Zadial entwickelt, das zusammen mit einer intelligent gesteuerten 2-Punkt Dosierung, dazu führt, dass die niedrigen Ablaufwerte dauerhaft eingehalten werden.

1. Ausgangssituation

Die Kläranlage Dorlar setzt seit ihrem Umbau im Jahr 2005 das C-N-P - Verfahren zur biologischen Optimierung ein. Das C-N-P - Verfahren ist ein ganzheitliches Verfahren, das zu erheblicher Erhöhung der Prozessstabilität und der Reinigungsleistung führt, wobei durch die Beeinflussung der Atmungsaktivität der Bakterien der Sauerstoffbedarf des biologischen Systems vermindert wird, so dass neben der hier diskutierten Senkung der Phosphor-Ablaufwerte insbesondere auch die Kohlenstoff- und Stickstoffeliminierung effektiver wird. Die Verfahrensumstellung und Beeinflussung der Atmungsaktivität erfordert die gezielte Zugabe eines Hilfsmittels der ENTEC-118-Serie, welches neben anderen Wirksubstanzen Aluminium in Form von Großmolekülen enthält. Damit werden bisherige Fällmittel substituiert, und ein Großteil der P- Fracht bei geringerem Metalleinsatz, d.h. geringerem β -Faktor, eliminiert.

Wegen der vorhergesehenen Erniedrigung der zulässigen Phosphor-Ablaufwerte wurden von der Anlagenleitung bereits im Jahr 2010 Maßnahmen ergriffen, um den Phosphor-Ablaufwert niedriger zu deklarieren, und zwar zunächst von 2 mg/l auf 1,6 mg/l mit der Option auf weitere Absenkungen.

Während das Perzentil 90 bereits im Jahr 2009 bei 1,5 mg/l lag, führten Spitzen in der Zulaufkraft bzw. -Konzentration zu höheren Werten. Die Methode der Wahl war daher eine 2-Punkt-Dosierung, wobei die Haupteliminierung als „Nebeneffekt“ des C-N-P - Verfahrens eintrat (Dosierung im Verteilerbauwerk zu den Belebungsbecken), während die Spitzen durch eine zweite Dosierung in den Zulauf zum Nachklärbecken zu eliminieren waren. Diese war durch eine Online-PO₄-P-Messung im Ablauf Belebungsbecken zu aktivieren und zu steuern. Bei Überschreiten eines definierten PO₄-P-Wertes wurde die Nachfällung aktiviert und proportional geregelt. Da die für den 2. Dosierpunkt einzusetzende Menge relativ gering war, wurde zur Vereinfachung der Logistik das ENTEC-Hilfsmittel hier gleichzeitig auch als „Fällmittel“ verwendet. Die geforderte Reduzierung des Ablaufwertes konnte mit diesen Maßnahmen sichergestellt werden.

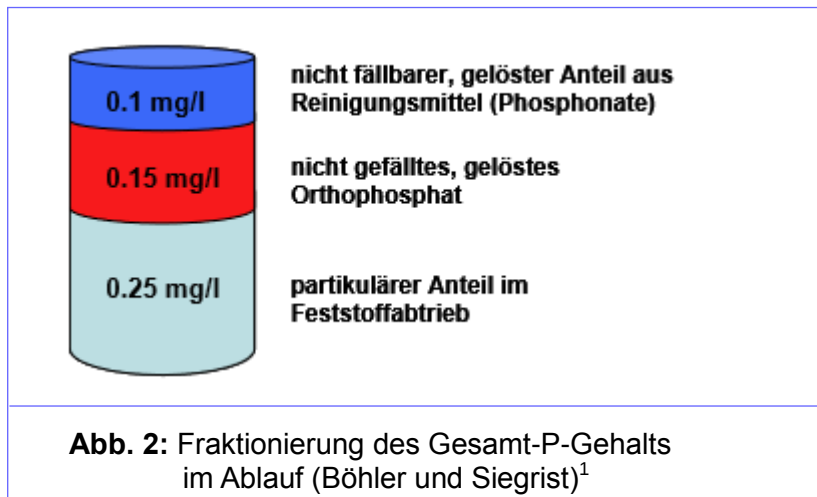


Abb. 1: Zweiter Dosierpunkt im Zulauf zum Nachklärbecken dahinter Ablauf Belebungsbecken mit Online-PO₄-P-Analysator

2. Aktuelle Anforderungen

Um die Eutrophierung der Gewässer zu verringern, schreibt der Gesetzgeber – der EWRL folgend – nun nochmals erheblich geringere Ablaufwerte für P_{ges} und PO₄-P vor, die je nach Bundesland und Anlagengröße auf bis zu 0,5 mg/l für P_{ges} und 0,2 mg/l für PO₄-P (als Betriebsmittelwerte) festgesetzt werden.

Eine naheliegende Problemlösung scheint hierbei eine simple Erhöhung des Fällmittel Einsatzes zu sein. Dies ist jedoch nicht nur teuer, sondern hat auch oft begrenzte Erfolgsaussichten, da der Ablauf von Kläranlagen neben dem fällbaren Ortho-Phosphat häufig noch Anteile an nicht fällbaren Phosphonaten, sowie partikulären Phosphor in Form von Feinflocken enthält. In der Folge müsste das fällbare Ortho- Phosphat dann mit sehr hohem Fällmittel Einsatz auf extrem niedrige Werte gebracht werden, um den Anteil der anderen phosphorhaltigen Verbindungen zu kompensieren.



3. Maßnahmen auf der Kläranlage Dorlar

3.1 Partikulärer Phosphor und Orthophosphat

Da im Nachklärbecken und Ablauf insbesondere bei hoher Hydraulik ein signifikanter Anteil von Feinflocken zu beobachten war, sollte zunächst dieses Problem gelöst werden. Die abtreibende Biomasse enthält ca. 3 % Phosphor. Bei einem Suspensa- Anteil von 10 mg/l liegen somit ca. 0,3 mg (P) / l vor, die allein durch den Flockenabtrieb entstehen.

3.1.1 Einsatz von ENTEC Zадial

Es sollte daher das, für derartige Anwendungsfälle entwickelte, ENTEC ZADIAL Produkt zum Einsatz kommen. Dieses kombiniert die Grundsubstanz der ENTEC 118-Serie mit einem hocheffektiven biologisch abbaubaren Polymer, und stellt damit beide benötigte Funktionen bereit:

- **Die Fällfunktion**

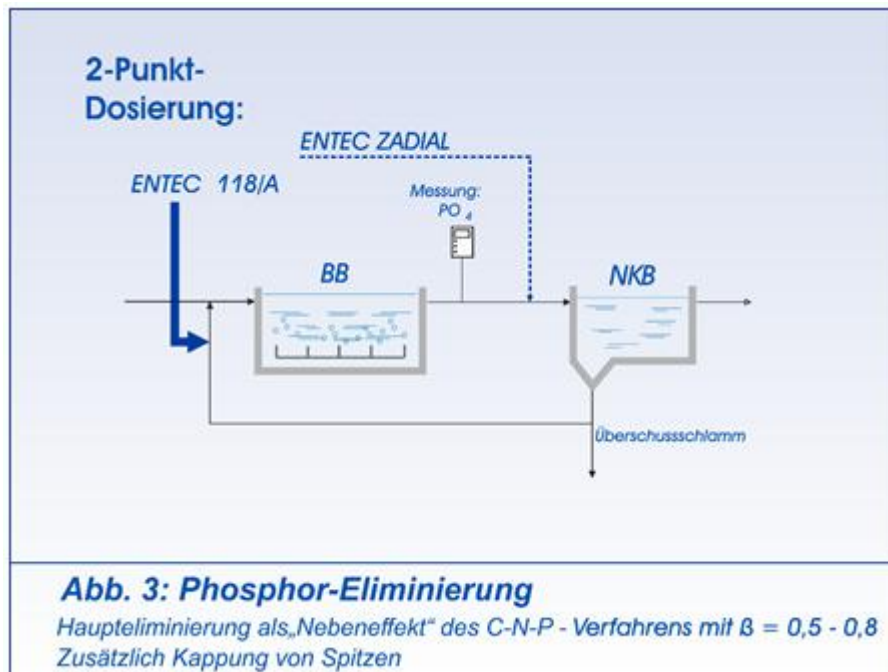
Die Grundsubstanz besteht wie bei ENTEC 118 aus aluminiumhaltigen Großmolekülen, die die Konzentration von gelöstem Orthophosphat am zweiten Dosierpunkt weiter reduzieren.

- **Die Adsorptions- und Flockungsfunktion**

Durch die große hydrophobe Oberfläche der Großmoleküle findet Adsorption und Bindung an die Flocke statt. Eine weitere Verstärkung erfolgt durch ein eingearbeitetes Polymer – insgesamt werden die Flocken kompakter -, so dass auftretende Feinflocken in den Schlamm inkorporiert und mit diesem abgezogen werden. Das Polymer ist auf Stärkebasis produziert, somit komplett biologisch abbaubar und ohne Einschränkung in die Landwirtschaft einzubringen. Durch den geringeren Metalleinsatz, die vermehrte Adsorption sowie die Bindung im biologischen System ist dieser Phosphor besser bioverfügbar, und damit in der Landwirtschaft effektiv nutzbar als reine Metallphosphate.

Dabei sollte die bisher eingesetzte Zweipunktdosierung beibehalten, aber in geeigneter Weise modifiziert (Abb. 3) werden.

¹ Marc Böhler und Hansruedi Siegrist: „Möglichkeiten zur Optimierung der chemischen Phosphorfällung an hessischen Kläranlagen“ Gutachten EAWAG, CH-8600 Dübendorf, S.66 (2008)



Um systematisch die geeigneten Modifikationen vornehmen zu können, wurde zunächst die Nachfällung (Zulauf Nachklärbecken) von ENTEC 118/A auf ENTEC ZADIAL umgestellt, wobei die Steuerung unverändert blieb. Es war eine Verminderung der $\text{PO}_4\text{-P}$ und P_{ges} -Ablaufwerte von vorher ca. 0,6 – 0,9 mg/l auf ca. 0,4 – 0,6 mg/l zu beobachten (Abb. 4 – hellgelbe Linie Dez. 2016).

Bei hoher hydraulischer Belastung wurde jedoch beobachtet, dass der P_{ges} Ablaufwert in dieser Konfiguration zeitweilig anstieg (August 2017).

Dies kann wie folgt erklärt werden: Die Nachfällung wird bei Überschreiten eines voreingestellten Konzentrations-Schwellwerts von $\text{PO}_4\text{-P}$ aktiviert, und dann proportional zur Konzentration dieses Parameters gesteuert. Bei hoher hydraulischer Belastung wird aber die $\text{PO}_4\text{-P}$ -Konzentration durch Verdünnung vermindert, so dass in vielen Fällen nur geringe Mengen in die Nachfällung dosiert werden, die zum Koagulieren der Feinflocken nicht ausreichen. Die Feinflocken sind jedoch für den partikulären Phosphor verantwortlich, der den P_{ges} Wert dann erhöht.

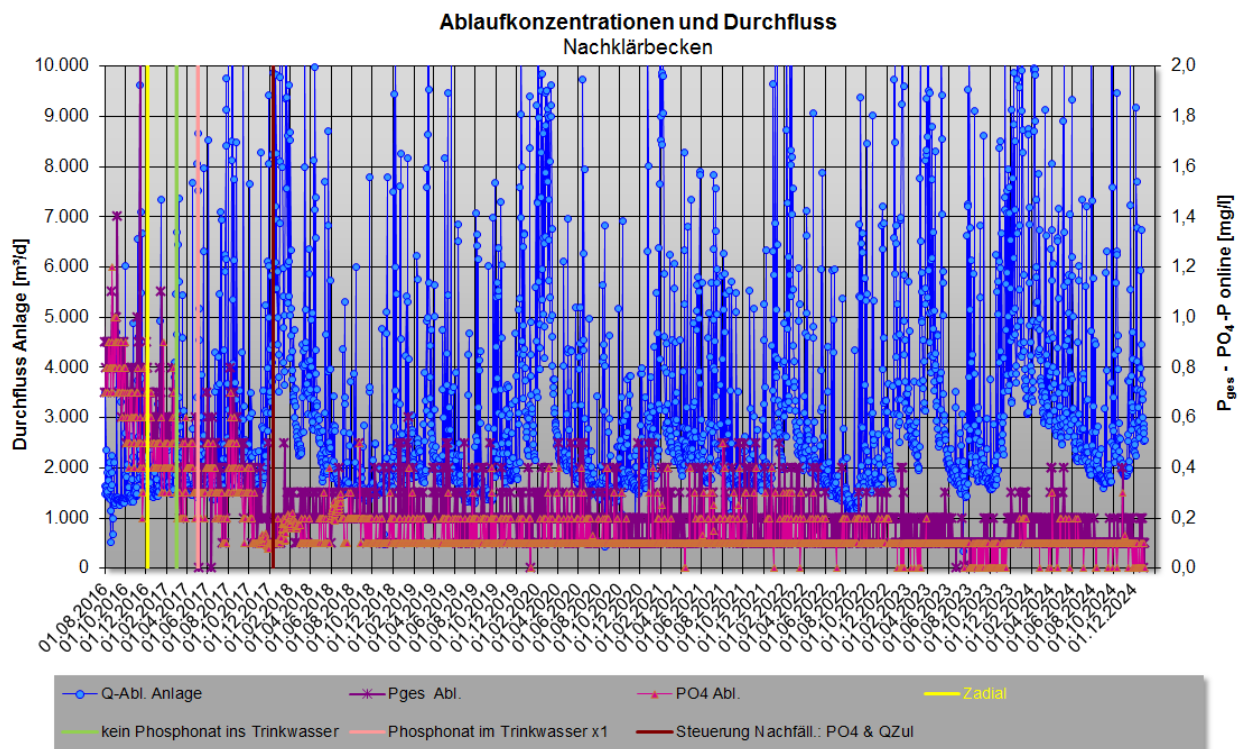


Abb. 4: Ablaufkonzentrationen, Durchfluss

Es wurde daher eine Modifikation der Dosierungssteuerung der Nachfällung vorgenommen, die sowohl die $\text{PO}_4\text{-P}$ -Konzentration im Ablauf Belebungsbecken, als auch die hydraulische Belastung berücksichtigt.

Hierbei sind zwei Betriebszustände zu berücksichtigen:

- **Niedrige Hydraulik:** In diesem Zustand treten wenig Feinflocken auf, der P_{ges} -Ablaufwert wird im Wesentlichen durch Orthophosphat bestimmt. Hauptaufgabe der Nachfällung ist die Eliminierung von Phosphat-Spitzen, die durch Frachtstöße hervorgerufen werden. Eine Steuerung nach Online- $\text{PO}_4\text{-P}$ -Messung ist sinnvoll.
- **Hohe Hydraulik:** In der Anfangsphase treten viele Feinflocken auf, der P_{ges} -Ablaufwert wird stark durch partikulären Phosphor bestimmt. Eine Steuerung nach Zuflussmenge ist sinnvoll. Nach einiger Zeit nimmt die Feinflockenmenge wieder ab, auch bei fortbestehendem hohem Zufluss. Es ist jetzt sinnvoll, nach einer empirisch ermittelten Zeitspanne die Dosierung nach Zuflussmenge abzuschalten.

Dies wird mit folgender Steuerung gelöst:

- **Grunddosierung:** Einstellbare Grunddosierung
- **Dosierung nach $\text{PO}_4\text{-P}$**
Bei Überschreiten eines einstellbaren $\text{PO}_4\text{-P}$ -Wertes wird die Zusatzdosierung aktiviert. Sie erfolgt proportional zum $\text{PO}_4\text{-P}$ -Messwert (Steigung einstellbar) und wird auf die Grunddosierung addiert.
- **Dosierung nach Hydraulik**
Bei Überschreiten eines einstellbaren Zuflusswertes (vom MID Zufluss) wird die Zusatzdosierung nach Hydraulik aktiviert. Sie erfolgt proportional zum Zuflussmengen-Messwert (Steigung einstellbar) und wird auf die Grunddosierung addiert, sofern der Dosierwert höher ist als der Wert nach $\text{PO}_4\text{-P}$. In diesem Fall wird die Dosierung nach $\text{PO}_4\text{-P}$ -Konzentration deaktiviert. Nach einstellbarer Maximalzeit wird die Dosierung nach Hydraulik deaktiviert und fällt zurück auf die Dosierung nach $\text{PO}_4\text{-P}$ -Konzentration.

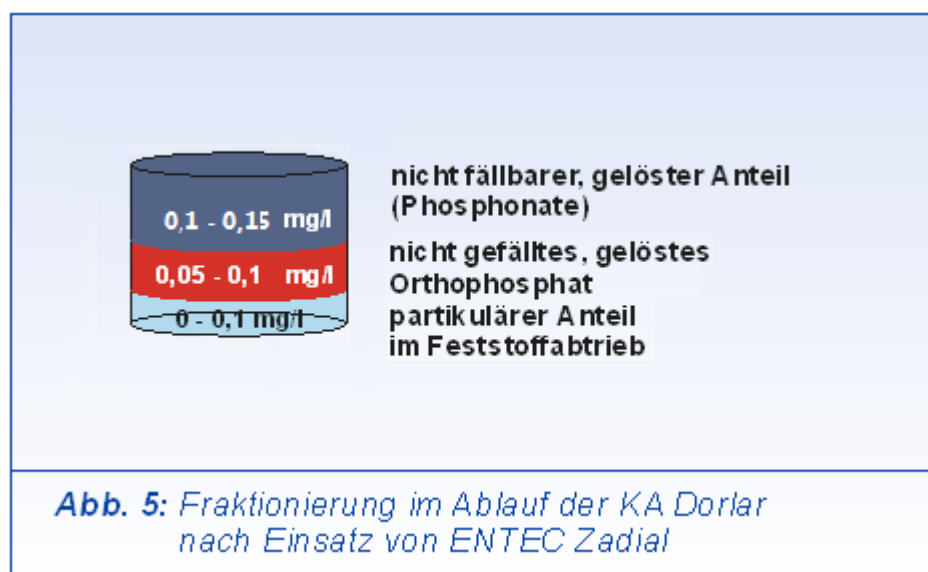
3.2 Nicht fällbarer, gelöster Anteil (Phosphonate)

Der Anteil nicht fällbarer Phosphonate wird in den meisten Fällen durch Reinigungsmittel (z.B. für Geschirrspülmaschinen) ins Abwasser eingetragen (s. auch Abb.2 – nach Böhler und Siegrist). Auf der Kläranlage Dorlar besteht aber insoweit ein Sonderfall, als dass Phosphonate zur Fe-Bindung ins Trinkwasser gegeben werden müssen, da der im Gemeindegebiet liegende Brunnen Atzbach eisenhaltiges Wasser liefert.

Um den Einfluss der Phosphonat-Zugabe abschätzen zu können, wurde auf der Trinkwasserseite eine semi-quantitative Messreihe von April bis November 2017 durchgeführt, die zeigte, dass die Phosphonatbelastung des Kläranlagenablaufs bei ca. 0,1 – 0,2 mg/l liegt.

4. Ergebnisse, insbesondere Einfluss auf den P_{ges} -Ablaufwert

Nach Einführung der Nachfällung und Einsatz von ENTEC Zodial stellt sich die Fraktionierung des Gesamt-P-Gehalts für die Kläranlage Dorlar (in Anlehnung an Abb. 2) jetzt wie folgt dar (Abb. 5) Es haben sich sowohl die Konzentration des gelösten Orthophosphat, als auch des partikulären Phosphors signifikant vermindert.



Nach Durchführung der beschriebenen Maßnahmen wurde beobachtet dass die $\text{PO}_4\text{-P}$ und P_{ges} -Ablaufwerte signifikant niedriger lagen. Dies wird auch am Wirkungsgrad der Eliminierung deutlich, der sich von vorher 80 – 90 % auf jetzt 90 – 95 % erhöht hat (Abb. 6). Dabei zeigt sich insbesondere die Wirksamkeit der Regelung nach $\text{PO}_4\text{-P}$ und Durchfluss bei hoher hydraulischer Belastung. Während früher bei hoher hydraulischer Belastung (dargestellt als geringe Verweilzeit) der Wirkungsgrad auf bis zu 75 % abfiel, ist nach Einführung der entsprechenden Regelung (Dezember 2017) nur ein geringer Abfall zu beobachten.

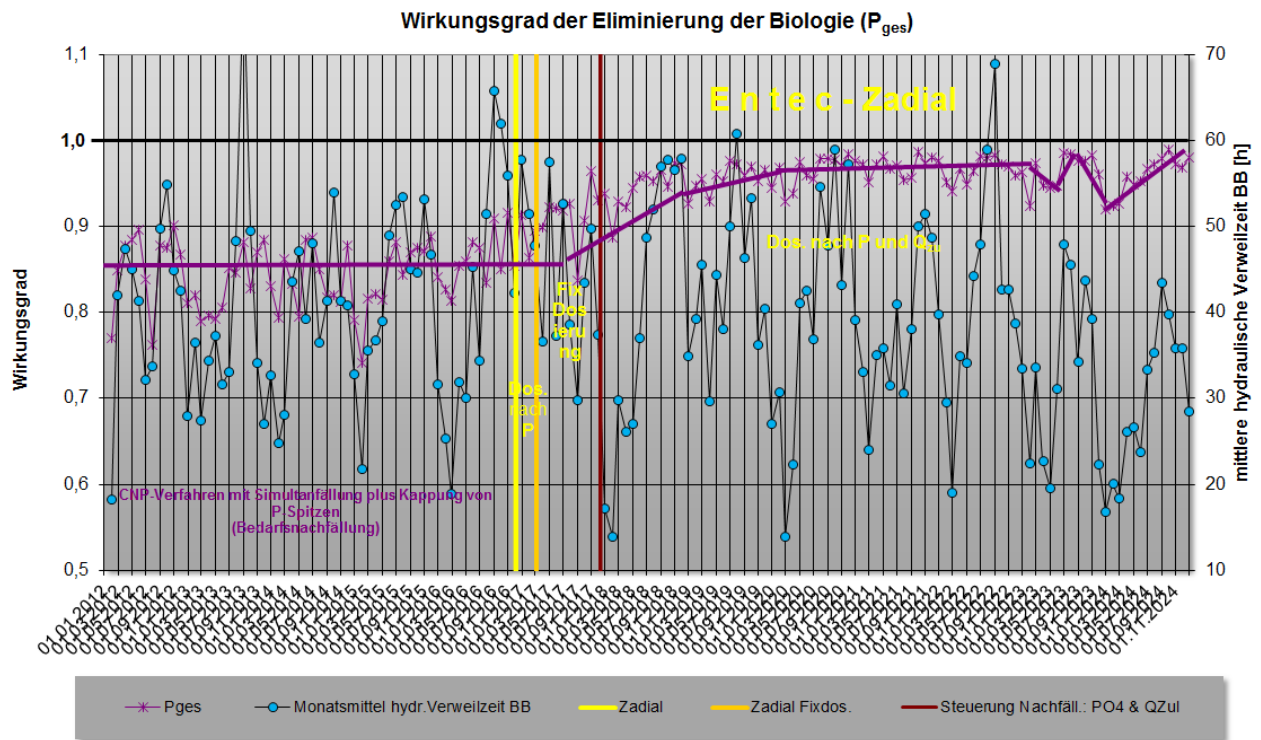


Abb. 6: Wirkungsgrad der Eliminierung

5. Zusammenfassung und Ausblick

Durch Zusammenspiel des C-N-P - Verfahrens mit seiner effektiven Phosphoreliminierung mit einem intelligent gesteuerten zweiten Dosierpunkt für das Spezialprodukts ENTEC Zadial gelingt die Reduzierung der $\text{PO}_4\text{-P}$ - und der P_{ges} -Konzentrationen im Ablauf auf die geforderten Werte. Dies gilt insbesondere auch unter schwierigen Bedingungen wie Phosphonatdosierung im Trinkwasser, Fracht- und Hydraulikstöße.

Durch die Charakteristik des C-N-P – Verfahrens, mit erheblich geringerem Sauerstoffverbrauch und geringerer Schlammproduktion, tritt gleichzeitig noch eine Kosteneinsparung ein.

Nach einer längeren Beobachtungsphase wurde dann auf der Kläranlage Dorlar ein zusätzlicher Lagertank für ENTEC Zadial installiert. Dieser und die gesamte Maßnahme wurde über rückerstattete Abwasserabgabe bezahlt.

Trotz dem Erreichen der Ziele werden die Regelparameter auch weiterhin feinjustiert, um potenziell neue Erkenntnisse zu nutzen, und die Ablaufwerte nach Möglichkeit noch weiter zu verbessern.