

Die C-N-P - Strategie für Belebtschlammanlagen: Eine Alternative zu anlagentechnischen Maßnahmen oder aufwändigem 70-%-Nachweis, wenn Stickstoff-Ablaufwerte kritisch sind.

Die Optimierung der Stickstoff-Eliminierung

Nach C-N-P - Strategie betriebene Belebtschlammanlagen zeigen

- verbesserte $\text{NH}_4\text{-N}$ -Eliminierung bei niedriger O_2 -Zufuhr
- niedrige $\text{NO}_3\text{-N}$ -Werte ohne Denitrifikationsmaßnahmen
- meist keine Notwendigkeit zur Dosierung von C-Quellen
- gute Stickstoffeliminierung auch bei niedrigen Temperaturen

Die C-N-P – Strategie ist eine innovative Verfahrenstechnik zur Optimierung und Kostensenkung von Belebtschlammanlagen¹. Unter Zugabe eines Hilfsmittels aus der ENTEC-Serie modifiziert sie die Betriebsführung der Anlage dergestalt, dass ein geringerer Teil des im Abwasser enthaltenen Kohlenstoffs veratmet wird, mithin ein größerer Anteil C in den Schlamm gelangt. Während so der C-Verlust (über den Gaspfad) minimiert wird, maximiert die C-N-P - Strategie den N-Verlust, d.h. Stickstoff verbleibt zu einem wesentlich geringeren Anteil im Schlamm – statt dessen verlässt er die Kläranlage über den Gaspfad. Damit lässt sich für alle relevanten Stickstoff-Komponenten ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) eine verbesserte Eliminierung erzielen – je nach Problematik z.B.

- Einhaltung der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Ablaufwerte, auch wenn zuvor, z.B. durch O_2 -Mangel Überschreitungen auftraten.
- Absenkung der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Werte, auch ohne Denitrifikationsmaßnahmen, auch ohne zusätzliche C-Quellen

¹ Eine weitergehende Beschreibung der C-N-P – Strategie findet sich im ÖKO-BRIEF No. 1

- **Einhaltung des abgesenkten N_{ges} -Ablaufwertes von 13 mg/l für Anlagen der Größenklasse 5**

Die C-N-P – Verfahrensführung steuert die Atmungsaktivität der Mikroorganismen mit der Zielsetzung, weitgehend kontrollierte Bedingungen zu schaffen, unter denen höher organisierte Organismen bessere Wachstumschancen haben. Bei der daraufhin erfolgenden Umstellung der Biocoenose sind nun folgende Effekte zu beobachten:

- Der Kohlenstoffgehalt des Belebtschlammes steigt an, während der Stickstoffgehalt fällt, d.h. der C-Verlust wird kleiner, der N-Verlust größer.
- Das Absetzverhalten des Schlammes verbessert sich – weiterhin geht die Überschussschlamm-Produktion zurück². Beides zusammen eröffnet die Möglichkeit, das Schlammalter zu erhöhen, falls dies sinnvoll sein sollte.
- Der Sauerstoffbedarf der Biologie sinkt – bei gleich bleibender Belüftung beobachtet man je nach Ausgangsbedingungen nun bessere NH_4 -N-Ablaufwerte (d.h. bessere Nitrifikation) und/oder höhere NO_3 -N-Ablaufwerte.
- Es kann nun vorsichtig und kontinuierlich der O_2 -Grenzwert abgesenkt werden. Bei Verminderung des Sauerstoffeintrags gehen – bei niedrig bleibenden NH_4 -N-Ablaufwerten – die NO_3 -N-Werte zurück, resultierend in wesentlich verbesserten N_{ges} -Werten. Zusätzliche Maßnahmen zur Denitrifikation sind jetzt nicht mehr erforderlich, z.B. kann bei einem vorgeschalteten Denitrifikationsbecken die Rezirkulation abgeschaltet oder sogar das Becken außer Betrieb genommen werden (optionale Maßnahmen).
- Langfristig ist auch bei niedrigen Temperaturen kaum eine Abnahme der N-Elimination zu beobachten.

BEISPIELE AUS DER PRAXIS

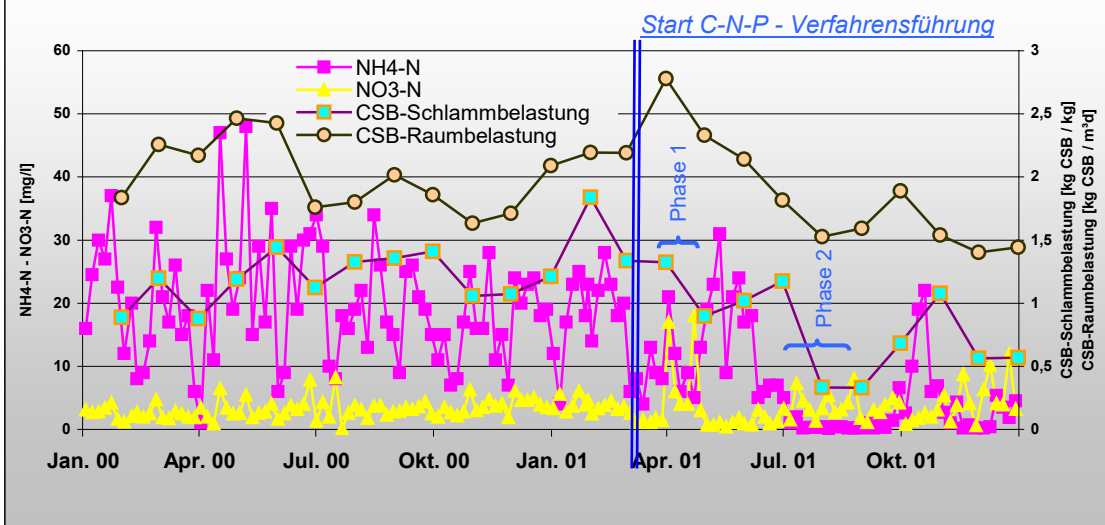
Anlage A

Ausgangssituation:

Stark überlastete, ca. 20 Jahre alte Anlage, nicht für N-Elimination ausgelegt, sehr hoher Schlammindex, sehr niedriges Schlammalter, O_2 -Versorgung zu knapp und kaum regelbar. Anlagenbelastung gekennzeichnet durch eine CSB-Raumbelastung der Belebungsbecken von 1,5 – 2,5 kg /m³ d sowie eine CSB-Schlammbelastung von 1 – 1,5 kg/kg. NH_4 -N-Ablaufwerte auch im Sommer bis 35 mg/l, teilweise bis 50 mg/l.

² Näheres über die Gründe der Überschussschlamm-Verminderung findet sich in ÖKO-BRIEF No. 2.

Anlage A: Ablaufwerte N - Anlagenbelastung

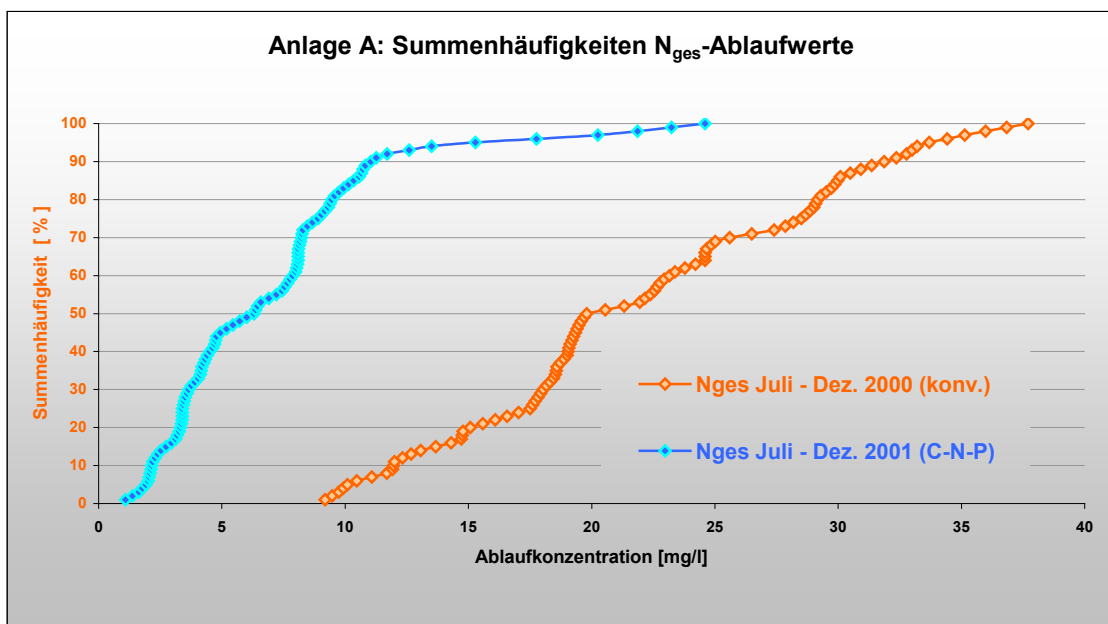


C-N-P - Verfahren:

Nach Beginn der Umstellung ist zunächst eine verstärkte Nitrifikation zu beobachten (mit $\text{NO}_3\text{-N}$ -Ablaufwerten bis 18 mg/l) (Phase 1). Der Grund ist im angestiegenen Schlammalter zu suchen (geringerer ISV ermöglicht höheren TS-Gehalt), weiterhin beginnt auf Grund des abnehmenden O_2 -Bedarfs die O_2 -Versorgung ausreichend zu werden.

Nach 2 – 3 Monaten geht schließlich die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentration auf Werte von < 1 mg/l zurück, während die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen wieder auf niedrige Werte um 5 mg/l abfallen (Phase 2).

Die Summenhäufigkeiten von N_{ges} liegen bei Einsatz der C-N-P - Strategie signifikant unter denen bei konventioneller Verfahrenstechnik.



Anlage B

Ausgangssituation:

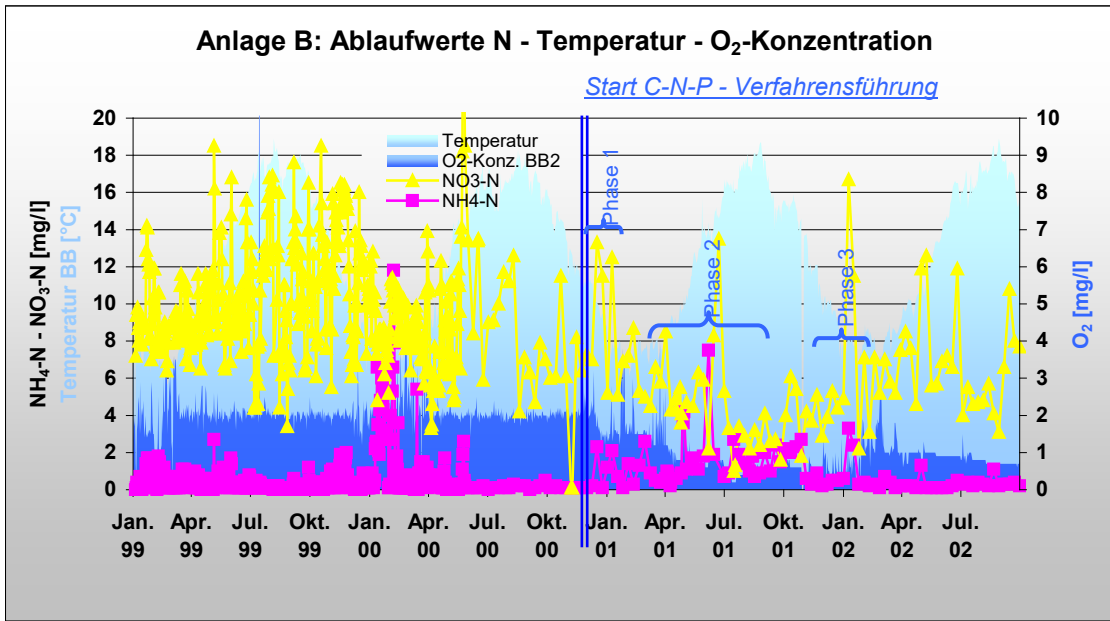
Anlage mit vorgeschalteter Denitrifikation, Schlammalter 8 – 12 d. Durch gute Nitrifikation $\text{NH}_4\text{-N}$ -Werte von $< 2 - 2,6$ mg/l (teilweise höhere Werte im Winter).

C-N-P - Verfahren:

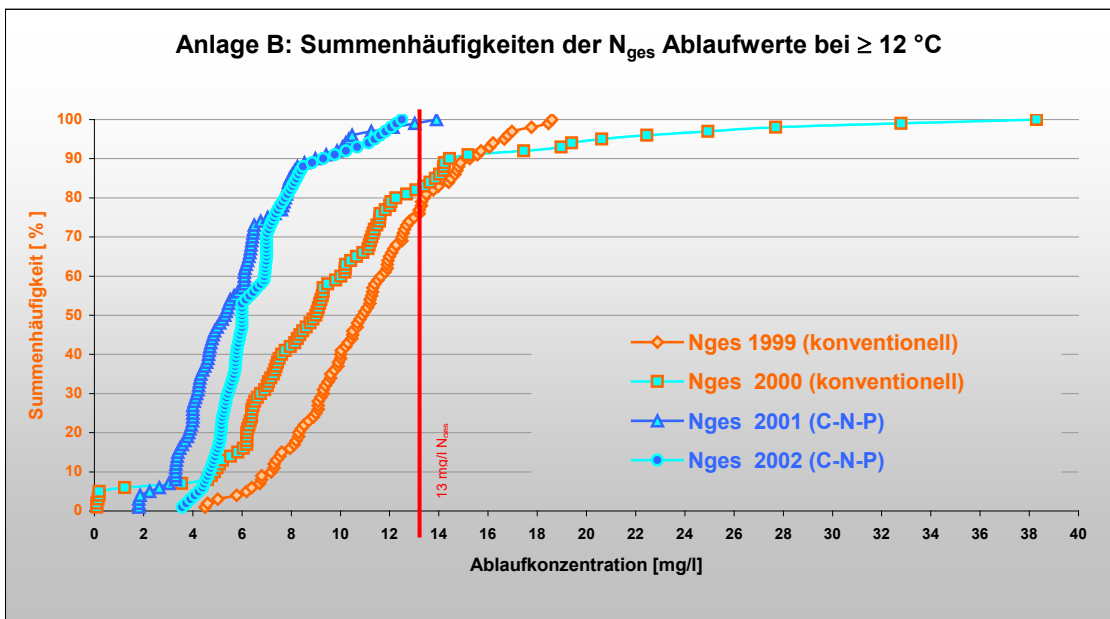
Nach der Umstellung auf C-N-P – Verfahrensführung sind zunächst einige erhöhte $\text{NO}_3\text{-N}$ -Ablaufwerte zu beobachten (bis 12,5 mg/l – Phase 1). Es wird nun unverzüglich der O_2 -Eintrag vermindert, worauf hin die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Ablaufwerte auf 2 – 4 mg/l absinken (Phase 2).

Um die Umstellung zu beschleunigen, werden in dieser Phase bewusst **leicht** erhöhte $\text{NH}_4\text{-N}$ -Ablaufwerte in Kauf genommen (1 – 3 mg/l, somit N_{ges} von 4 – 6 mg/l). In den folgenden Monaten sinken die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Werte wieder auf < 1 mg/l bei gleich bleibendem N_{ges} . (Anmerkung: Je nach festgesetzten $\text{NH}_4\text{-N}$ -Grenzwerten kann – bei langsamerer Umstellung – der Anstieg des $\text{NH}_4\text{-N}$ auch geringer gehalten werden, die sichere Einhaltung der Grenzwerte hat in jedem Fall höchste Priorität).

In der Phase 3 wird der O₂-Wert in diesem Fall wieder leicht angehoben, da auf Grund der Beckengeometrie die hinreichende Durchmischung sonst nicht gewährleistet ist. Der NO₃-N-Wert steigt darauf hin bei niedrigem NH₄-N-Wert wieder etwas an. Im Folgenden wird mit erneuter Absenkung des O₂-wertes die günstigste Einstellung getestet. Es ist gut zu beobachten, wie die NO₃-N-Ablaufkonzentration der Sauerstoffkonzentration folgt.



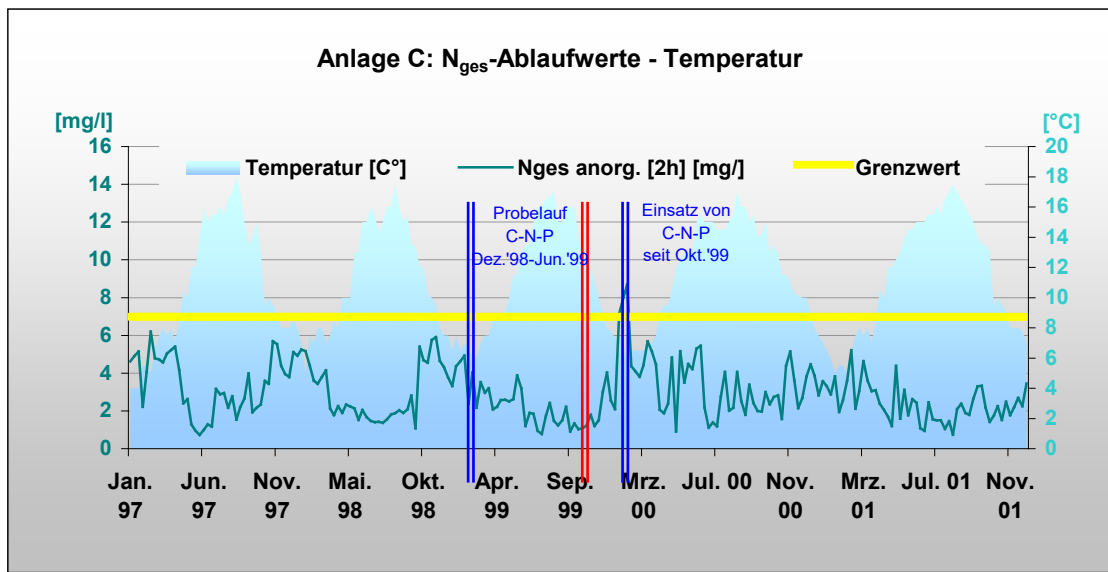
Die Summenhäufigkeiten der N_{ges}-Ablaufwerte liegen unter C-N-P - Verfahrensführung deutlich unter denen bei konventioneller Arbeitsweise. Obschon die Anlage auf Grund ihrer Größenklasse keine 13 mg/l Ablaufwert einhalten muss, wurde der Wert markiert – lediglich 2 Werte (während der Testphase zur Ermittlung der günstigsten O₂-Konzentration liegen darüber).



Anlage C³

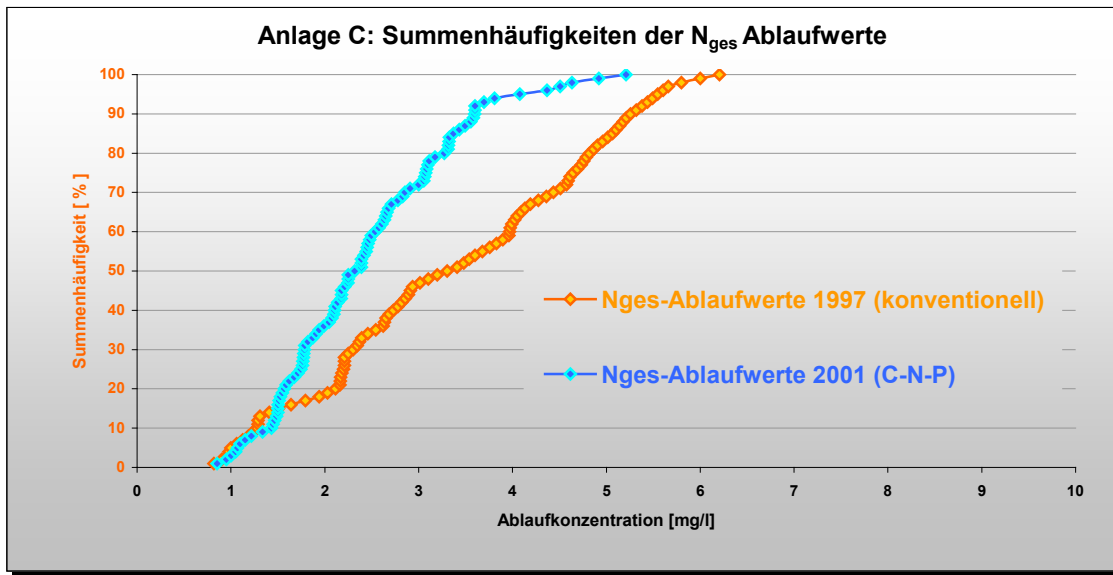
Ausgangssituation:

Anlage mit intermittierender Denitrifikation (mit spezieller Steuerung zur Optimierung der N-Elimination). Hohes Schlammalter (Stabilisierung). Gute Nitrifikation ($\text{NH}_4\text{-N} < 1 \text{ mg/l}$). Bei den N_{ges} -Ablaufwerten ist deutlich ein jahreszeitlicher Einfluss zu beobachten. Die erste 6-monatige Probephase ist noch deutlich von den jahreszeitlichen Schwankungen überlagert. Nach Unterbrechung und Wiederbeginn der C-N-P – Verfahrensführung im Oktober 1999 treten zunächst die im Winter üblichen Erhöhungen der Ablaufwerte für $\text{NH}_4\text{-N}$ und N_{ges} auf, in den folgenden 2 Jahren ist eine kontinuierliche Abnahme der N_{ges} -Werte zu verzeichnen, wobei wiederum zunächst leicht erhöhte $\text{NH}_4\text{-N}$ -Werte in Kauf genommen werden.



Ein Vergleich der Summenhäufigkeiten der N_{ges} -Werte in den Jahren 1997 (konventionelle Verfahrensführung) und 2001 (C-N-P-Verfahrensführung) zeigt nochmals eine deutliche Abnahme der bereits zuvor günstigen Ablaufwerte.

³ Die auf dieser Anlage erzielten Werte wurden im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Siegen ermittelt, die auf Wunsch gern in Kopie zur Verfügung gestellt wird.



KOSTEN

Da die C-N-P - Strategie neben der verbesserten Reinigungsleistung insbesondere zu verringertem Sauerstoffverbrauch (Einsparung bei Energiekosten) und zu weniger Überschussschlamm führt (Einsparung bei Konditionierungs- und Entsorgungskosten), ist insgesamt mit keinen Zusatzkosten zu rechnen. Stattdessen ist im Allgemeinen mit **erheblichen Einsparungen bei den Betriebskosten** zu rechnen. Darüber hinaus schlägt natürlich auch eine **verminderte Abwasserabgabe** zu Buche, wenn geringere Grenzwerte deklariert werden können.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Einsatz der C-N-P - Strategie führt generell zu niedrigeren und stabileren Ablaufwerten. Dies gilt insbesondere für die kritischsten Parameter $\text{NH}_4\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$. Dies ist vorteilhaft für

- **hochbelastete Anlagen,**
die bisher die Grenzwerte nicht sicher einhalten konnten. In vielen Fällen kann mit C-N-P - Verfahren die Einhaltung der Werte sichergestellt werden. Eventuell nicht ausreichende Sauerstoffversorgung ist durch geringeren Sauerstoffbedarf nunmehr hinreichend.
- **Anlagen der Größenklasse 5,**
die jetzt den Grenzwert von **13 mg/l** einhalten müssen, wenn nicht der aufwändige Nachweis der 70 %igen Eliminierung geführt werden soll. Der niedrigere Grenzwert wird in vielen Fällen mit Einsatz des C-N-P - Verfahrens risikolos erreichbar sein.
- **Anlagen mit bisher ausreichender Stickstoffeliminierung,**
die aber auf den Einsatz von Kohlenstoffquellen verzichten wollen und/oder niedrigere Grenzwerte erklären wollen, um Abwasserabgabe zu sparen.