

Innovative Verfahrensführung zur Optimierung und Kostensenkung von Belebtschlamm-anlagen:

Die C-N-P – Strategie

Leistungssteigerung von Kläranlagen

- zuverlässige Einhaltung der Grenzwerte für C, N und P
- Ausgleich von Belastungsschwankungen, Kappung von Spitzen
- signifikante Kapazitätserhöhung

Lösung von Betriebsproblemen in Kläranlagen

- Blähschlamm
- Schaum
- Sedimentationsprobleme, Schlammabtrieb

Kosteneinsparung

- weniger Sauerstoffverbrauch
- weniger Überschussschlamm
- mehr Klärgas
- geringere Energiekosten
- keine Denitrifikation erforderlich
- Senkung der Abwasserabgabe
- Durch Kapazitätserhöhung werden Erweiterungsbauten oft überflüssig

Biologische Abwasserreinigung nach dem Belebtschlammverfahren – ein Standardverfahren, das gleichwohl nicht ohne Probleme ist – Probleme, die oftmals für unvermeidlich gehalten werden, denn weder das Abwasser noch die Randparameter einer Kläranlage sind konstant und vorhersehbar. **Zu den Problemen gehören ungenügende Reinigungsleistung, unzureichende Kapazität, Blähschlamm, Schlammabtrieb, Schaumbildung und nicht zuletzt hohe Investitions-, Betriebs- und Entsorgungskosten.**

Für viele der Probleme gibt es Lösungswege, die oftmals sehr erfolgreich – in anderen Fällen, bei veränderter Situation, oft aber auch wenig effektiv sind. Vielfach bringt auch die Verbesserung eines Problems eine Verschlechterung beim anderen mit sich, insbesondere bei den Kosten.

Die innovative C-N-P – Strategie setzt an der Wurzel der Probleme an: bei den Mikroorganismen als den eigentlichen „Arbeitern“ der Kläranlage. Diese können ihre „Arbeit“ nur dann optimal verrichten, wenn sie optimale Arbeitsbedingungen vorfinden – dann aber lösen sie viele Probleme ohne weiteres Zutun!

Resultate sind

- wesentlich verbesserte Ablaufwerte für C (Kohlenstoff-Verbindungen), N (Stickstoffverbindungen), und P (Phosphorverbindungen), so dass meist weitere Maßnahmen, unter ihnen auch die klassische Denitrifikation, entfallen können,
- signifikante Kapazitätserhöhung, so dass oft Erweiterungsbauten unnötig werden,
- Verbesserung des Betriebsverhaltens (kein Blähschlamm, kein Schlammabtrieb, kein Schaum),
- stark verminderter Sauerstoffbedarf der Biologie, dadurch weniger Energiekosten,
- wesentlich weniger Überschussschlamm, dadurch weniger Entsorgungskosten,
- höherer Kohlenstoffgehalt im Überschussschlamm, dadurch höhere Methanausbeute bzw. höherer Brennwert.

INHALT

1	DIE C-N-P – STRATEGIE.....	4
1.1	PROBLEMSTELLUNG	4
1.2	GEBRÄUHLICHE GEGENMASSNAHMEN.....	5
1.3	EINE OPTIMIERUNGSSTRATEGIE.....	5
1.4	ARBEITSWEISE DER C-N-P – STRATEGIE.....	5
1.5	AUSWIRKUNGEN IN DER PRAXIS.....	7
1.6	DAS BESONDERE AN ENTEC-PRODUKTEN	7
2	DER EINSATZ DER C-N-P – STRATEGIE.....	8
2.1	WELCHE RISIKEN SIND MIT DEM EINSATZ DER C-N-P – STRATEGIE VERBUNDEN ?	8
2.2	MACHT SICH DER ANLAGENBETREIBER DURCH EINSATZ DER C-N-P – STRATEGIE VON EINEM LIEFERANTEN ABHÄNGIG ?	8
2.3	VORAUSSETZUNGEN ZUM EINSATZ DER C-N-P – STRATEGIE.....	8
3	QUANTITATIVE BETRACHTUNG	10
3.1	KOSTENBETRACHTUNG	12
4	ZUSAMMENFASSUNG.....	13

1 DIE C-N-P – STRATEGIE

1.1 PROBLEMSTELLUNG

Der Bio-Reaktor Belebtschlammanlage kann seine Funktion nur dann optimal erfüllen, wenn er optimale Bedingungen hat – die aber sind schwierig einzustellen, weil wesentliche Parameter sich ständig ändern. Hierzu gehören die Abwasserzusammensetzung, -menge, -temperatur und daraus resultierend Betriebsparameter der Anlage wie Schlammbelastung, TS-Gehalt usw.

Diese sich häufig ändernden Lebensbedingungen der Mikroorganismen würden an sich eine entsprechend angepasste Fahrweise der Belebung notwendig machen – dies ist aber nicht möglich, da Detailkenntnisse über die Lebewesen allenfalls im Forschungslabor erhältlich wären, nicht jedoch im Kläranlagen-Alltag. Damit sind die Lebensbedingungen der Mikroorganismen oft vom Zufall bestimmt – viel oder wenig Nährstoffe, viel oder wenig Sauerstoff, viel Zeit zur Entwicklung oder wenig,

Die Resultate sind ein Querschnitt der geläufigen Kläranlagen-Probleme:

- Belastungsspitzen führen zu unvollständiger Reinigung (typisch bei Schlammbelastungen über $0,3 \text{ kg BSB}_5 / \text{kg TS} \times \text{d}$)
- Hohe, aber noch im Normalbereich befindliche Belastung ermöglicht bei gleichzeitig hoher Sauerstoffzufuhr zwar vollständige Reinigung, allerdings mit negativen Randbedingungen – die Abwasser-Inhaltsstoffe werden im Rahmen einer weitgehenden Mineralisation weiter oxidiert als eigentlich notwendig, das bedeutet:
 - zu hoher Sauerstoffeintrag in die Anaerob-Stufe (Faulturm), d.h. hier muss jetzt z.T. weitere Energie aufgewandt werden, um die übermäßige Oxidation wieder rückgängig zu machen.
 - Kohlenstoffverbindungen werden zerstört (zu CO_2 oxidiert) und stehen damit in der Denitrifikationsstufe nicht mehr zur Verfügung. Jetzt müssen externe C-Quellen zugesetzt werden (Methanol, Melasse, ...), was zusätzliche Kosten verursacht.
 - Oxidation von Stickstoff-Verbindungen von Ammonium über Nitrit bis zum Nitrat, das in der Denitrifikationsstufe wieder reduziert werden muss.

- zuweilen sogar Erhöhung der Phosphorkonzentration durch Freisetzung von biologisch gebundenem Phosphor als Phosphat (als Resultat der Schlammautolyse).

- Erzeugung weiterer unerwünschter Salze (z.B. Sulfat).

- Erhöhung der Überschussschlammasse durch Salzfällung sowie durch Sauerstoffeintrag, gleichzeitig geringerer Organikanteil – dadurch höherer Entsorgungsaufwand bei weniger Energieausbeute in Faulturm oder Verbrennung.

- Bei weiter abnehmender Konzentration oder bei überschüssigem Sauerstoff tritt verstärkte Tendenz zur Schlammautolyse auf, d.h. neben der Umsetzung der Abwasser-Inhaltsstoffe findet zunehmend eine Selbstzersetzung der Bakterien statt. Dies führt nicht nur zu einer Abnahme der aktiven Biomasse und damit verbundenen Erhöhung der Schlammbelastung und Verschlechterung der Sedimentationseigenschaften, sondern auch zu übermäßigem Sauerstoff- und damit Energieverbrauch.

- Oftmals kann trotz höherer Gebläseleistung nicht die gewünschte Sauerstoffkonzentration im Belebungsbecken erzielt werden, ggf. sieht man sich genötigt, zum Eintrag von reinem Sauerstoff zu greifen (mit den damit verbundenen Zusatzkosten).

- Das unkontrollierte Nährstoff- und Sauerstoffangebot begünstigt Bakterien, die schnell wachsen und die zugeführten Nährstoffe zu einem wesentlichen Teil (bis zu 80 %) zur Mineralisierung einsetzen, mithin CO_2 , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} usw. erzeugen. Demgegenüber vermindern sich die Wachstumschancen für langsam wachsende hochorganisierte Spezies – bekanntermaßen sind es jedoch gerade diese, die hohe Reinigungsleistungen erzielen und dabei das Substrat im wesentlichen zur eigenen Ernährung verwenden, mithin in Biomasse umsetzen. Darüber hinaus gehören zu den langsam wachsenden Organismen gerade auch solche, die auf Stickstoffassimilation spezialisiert sind. Bei Fehlen dieser Arten müssen demzufolge zwingend weitere Anlagen zur Stickstoffentfernung integriert werden.

- Des Weiteren können sich gänzlich unerwünschte Bakterien bilden, z.B. fadenförmige, Blähschlamm bildende Spezies, weiterhin Organismen, die zu verstärkter Schwamm- oder Schaumbildung und weiteren Problemen führen. Das schlechtere Sedimenta-

tionsverhalten führt dann wieder zu geringerer Schlammrückführung (um Schlammabtrieb zu vermeiden), damit geringerem Schlammalter und der damit verbundenen schlechteren Reinigungsleistung.

1.2 GEBRÄUHLICHE GEGENMASSNAHMEN

Die gebräuchlichsten Gegenmaßnahmen orientieren sich im Allgemeinen am unmittelbaren Problem (da man, wie schon erwähnt, im Kläranlagen-Alltag auf die Ursachen auf mikrobieller Ebene kaum eingehen kann):

- Ungenügende Reinigungsleistung wird durch Erhöhung der Luftleistung, Verbesserung des Lufteintrags, Einsatz von Sauerstoff usw. verbessert.
- Für spezifische Schadstoffe (Stickstoff, Phosphor, ...) werden spezifische Reinigungs- oder Fällungsstufen gebaut, ggf. mit weiterem Luft- oder Sauerstoffeintrag (Nitrifikation).
- Bei ungenügender Kapazität muss die Anlage erweitert werden.
- Blähschlamm wird durch diverse Maßnahmen, wie Erhöhung (unter bestimmten Bedingungen aber auch Verringerung) der Schlammbelastung, Dosierung von Biociden und andere Maßnahmen bekämpft. Entsprechendes gilt für die Schaumbekämpfung.
- Zur Vermeidung von Schlammabtrieb und Erhöhung des Schlammalters reichen die Maßnahmen vom Einsatz von Beschwerungsmitteln oder Polymeren bis zu aufwendigeren Maßnahmen wie verschiedenen Filtrationsverfahren.

Die mit diesen Maßnahmen verbundenen Kosten gelten ihrem Grundsatz nach als unvermeidbar, vielfach werden jedoch Optimierungen vorgenommen, um sie in ihrer Höhe zu begrenzen, oft mit beträchtlichen Planungsaufwand und entsprechend beachtlichem Erfolg (z.B. Einsatz von effizienteren Gebläsen, Energierückgewinnung, intelligenter zeitgesteuerter Lastverteilung usw.).

1.3 EINE OPTIMIERUNGSSTRATEGIE

Die oben beschriebenen technischen Lösungen sind im allgemeinen dem unmittelbaren Problem adäquat und damit zunächst Erfolg versprechend – somit kann eine Verbesserung der Betriebsbedingungen, je nach Maßnahme zuweilen auch eine Reduzierung der Kosten erzielt werden.

Es stellt sich jedoch die Frage, ob sich mit einem tiefer gehenden Ansatz eine weitergehende, effektivere, leichter zu beherrschende Verfahrensführung finden lässt – und das, ohne Laborbedingungen zu schaffen.

Was wären nun die Kriterien für einen solchen Ansatz?

Es wäre eine Methode zu finden, die

- einen Ausgleich des Nahrungsangebots für die Mikroorganismen gewährleistet.
- die Sauerstoffversorgung auf das notwendige Minimum begrenzt, und so die weitgehende Mineralisation zugunsten der Assimilation zurückdrängt und die Schlammautolyse eindämmt.
- damit einen Selektionsdruck unter den Mikroorganismen dahingehend erzeugt, dass langsam wachsende Organismen begünstigt werden, die eine hohe Effektivität bezüglich des Schadstoffabbaus (insbesondere auch durch Assimilation von Stickstoffverbindungen) haben. Schnell wachsende Organismen, die die Nährstoffe hauptsächlich mineralisieren, Faden bildende Bakterien und andere unerwünschte Spezies würden damit zurückgedrängt.

1.4 ARBEITSWEISE DER C-N-P – STRATEGIE

Hier setzt *Hei*ENTEC sein C-N-P – Verfahren ein – Die Dosierung der ENTEC-Produkte (z.B. ENTEC 118/S) in den Überlauf zum Nachklärbecken bzw. in die Schlammrückführung schafft die gewünschten Bedingungen:

ENTEC-Produkte sind veredelte Aluminiumhydroxid-chloride, deren Funktion sich aus ihrer speziellen Struktur ableitet:

Die Grundverbindung liegt – was durch ihre Summenformel (z.B. $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$) nur unvollkommen beschrieben wird – in Makrokationen („Cluster“) vor (z.B. $\text{Al}_{54}(\text{OH})_{144}^{18+}$ und viele andere). Diese haben nun die Eigenschaft, im Abwasser eine sehr stabile, große Flocke zu bilden. Neben der damit nahe liegenden Funktion als ideales Fällungs-/Flockungsreagenz (durch das gute Separationsverhalten) bietet die große Oberfläche außerordentlich positive Effekte für die Mikroorganismen. Zum einen dient sie nämlich als ideale Bewuchsfläche für einen „Mikroorganismenrasen“ und ermöglicht daher die Ansiedlung der anspruchsvollen langsam wachsenden Spezies. Zum anderen bietet sie durch adsorptive Effekte eine Speicherfunktion für die Nährstoffe des Abwassers.

Die Cluster adsorbieren in Zeiten hoher Substratkonzentrationen einen großen Teil der Nährstoffe und entziehen ihn damit dem unmittelbaren Zugriff der Mikroorganismen. Sinkt nun zu einem späteren Zeitpunkt die Substratkonzentration, so bilden die Cluster mit den adsorbierten Nährstoffen eine Nahrungsmittelreserve, die jedoch nicht mehr so leicht zugänglich ist und daher insbesondere von den langsam wachsenden, bei der Reinigung effektiveren Organismen genutzt werden kann. Diese haben dadurch gleichmäßigere Lebensbedingungen und können die unerwünschten, schnell wachsenden Spezies zurückdrängen.

Damit braucht man gleichzeitig bei Spitzenbelastung nicht mehr so viel Sauerstoff (da die Umsetzung der Nährstoffe ja auf „später“ verschoben ist), in wenig belasteten Zeiträumen besteht nicht mehr die Gefahr der Überlüftung, da nun die Nahrungsmittelreserve verarbeitet wird.

Eine weitere Komponente im ENTEC-Produkt sorgt für zusätzliche Optimierung: Ebenso wie die Verarbeitung der Abwasserinhaltsstoffe durch die Mikroorganismen ist auch die unerwünschte Autolyse eine enzymatische Reaktion. Fügt man dem Abwasser nun Substanzen hinzu, die dem Substrat strukturell ähneln, so kommt es zu einer Konkurrenzsituation um die Anbindungsstelle am Enzym und damit eine Hemmung der enzymatischen Reaktionen. Bei geschickter Anpassung an die Gegebenheiten lässt sich die Situation so beeinflussen, dass zwar die Abwasserinhaltsstoffe abgebaut werden, die Autolyse jedoch weitestgehend unterbleibt. Diese kompetitive Hemmung wird durch die Veredelungskomponente des ENTEC-Produkts, nämlich polymere Aminosucker, bewirkt. Die Einstellung erfolgt auf empirischer Basis, ohne dass genaue Kenntnis der Reaktionsmechanismen erforderlich wäre.

Zurückdrängen der Schlammautolyse bedeutet nun Erhalt der Biomasse, höheres Schlammalter, geringere Schlammbelastung und Förderung der „gewünschten“ Mikroorganismen.

Nun ergibt sich auch ein geringerer Sauerstoffbedarf durch Zurückdrängen der Autolyse sowie Verminderung der Mineralisation zugunsten der Assimilation durch die nun überwiegenden höher organisierten Mikroorganismen.

1.5 AUSWIRKUNGEN IN DER PRAXIS

Welches sind nun die unmittelbaren Wirkungen für den Anlagenbetreiber?

- Die verringerte Autolyse sorgt für einen **höheren Anteil an aktiver Biomasse** im Schlamm, somit für bessere Reinigungsleistung.
- Mit dem verbesserten Separationsverhalten kann **mehr Schlamm im Belebungsbecken gehalten** werden, ohne dass Gefahr des Schlammabtriebs besteht. Das bedeutet nochmals mehr Biomasse und bessere Reinigungsleistung.
- Verblüffenderweise führt die Dosierung der ENTEC-Produkte zu einer **Abnahme der Überschussschlamm-Masse** bei gleichzeitiger **Erhöhung des relativen Organikanteils** im Schlamm. Hierin wird der Unterschied zum klassischen Fällungsreagenz deutlich, das zu einer Erhöhung der Schlammmasse bei erhöhtem Anorganikanteil führt. Weniger Überschussschlamm heißt wiederum weniger Kosten für Entwässerungsschemikalien, weniger Energiekosten für die Entwässerung, weniger Kosten für externe Entsorgung wie Deponierung oder Verbrennung. Der geringere Mineralisationsgrad des Schlamms sorgt wiederum für eine höhere Methanausbeute im Faulturm bzw. höheren Heizwert bei der Verbrennung mit den damit verbundenen Kostenvorteilen.
- Mit dem erhöhten TS-Gehalt und der geringeren Überschussschlamm-Produktion **erhöht sich das Schlammalter** (typisch > 30 d) und erniedrigt sich die Schlammbelastung (typisch 0,3 kg CSB/kg d bzw. 0,15 kg BSB₅/kg d). Das heißt aber gleichzeitig bessere Reinigungsleistung, besonders auch für Stickstoff.
- **Die Sauerstoffzufuhr wird stark vermindert** – die Abwasserinhaltsstoffe werden nun nicht mehr durch weitreichende Mineralisation, z.T. bis hin zu CO₂, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻ usw. oxidiert, sondern nur noch so weit, dass sie der Assimilation durch die Mikroorganismen zugänglich sind. Neben der unmittelbaren Kosteneinsparung (weniger Sauerstoffbedarf = weniger Gebläseleistung = weniger Stromverbrauch) ergeben sich weitere positive Nebeneffekte: die Schlammautolyse wird eingedämmt (führt wieder zu höherem Schlammalter), damit wird auch die Phosphatfreisetzung aus biologisch gebundenem Phosphor vermindert, es wird weniger Sauerstoff in die Anaerob-Stufe eingetragen (Faulturm).

- Die gesamte **Reinigungsleistung** der Anlage nimmt zu: Die Grenzwerte für Stickstoff werden meist ohne zusätzliche Denitrifikationsstufe eingehalten, die Ablaufwerte für Phosphor liegen typisch unter 1 mg/l.
- Die **Kapazität** der Anlage nimmt zu. Bei gegebenem Beckenvolumen kann die Anlage mit höherem Durchsatz arbeiten, so dass Erweiterungsbauten verschoben werden können, falls sie überhaupt noch nötig werden. Speziell hat man mit der Substrat-Speicherfunktion der ENTEC-Produkte eine einfache Methode, auf wechselnde Belastungen zu reagieren: Bei höherer Fracht hat man durch Höherdosierung quasi einen „Schalter“ zur Vergrößerung der Kläranlage zur Verfügung. Oder man setzt diesen Effekt kontinuierlich durch automatische frachtproportionale Dosierung des ENTEC-Produkts ein.
- Betriebsstörungen, die durch unerwünschte Mikroorganismen erzeugt werden, gehen zurück, insbesondere, Blähschlamm, Schlammabtrieb, Schaumbildung.
- Während die spezifische Masse an Überschussschlamm abnimmt, nimmt der Organikgehalt des Schlamms zu, das bedeutet höhere verwertbare Methanausbeute im Faulturm.

1.6 DAS BESONDERE AN ENTEC-PRODUKTEN

Was leisten ENTEC-Produkte im Vergleich zu „anderen Reagenzien“, die zur Fällung, Flockung oder der Verbesserung von Betriebsbedingungen angeboten werden?

ENTEC-Produkte sind mit konventionellen Fällungs- und Flockungsreagenzien nicht vergleichbar. Durch ihren Aluminiumgehalt fällen sie zwar auch Phosphat, außerdem verbessern sie die Flockungseigenschaften.

Der Haupteffekt geht aber weit darüber hinaus:

ENTEC-PRODUKTE SIND BESTANDTEIL EINER GENERELLEN STRATEGIE ZUR OPTIMIERUNG DER LEBENSBEDINGUNGEN DER MIKROORGANISMEN UND DAMIT ZUR EFFEKTIVEN STEUERUNG DES BIO-REAKTORS KLÄRANLAGE.

2 DER EINSATZ DER C-N-P – STRATEGIE

2.1 WELCHE RISIKEN SIND MIT DEM EINSATZ DER C-N-P – STRATEGIE VERBUNDEN ?

Die ENTEC-Produkte sind völlig problemlos für die Umwelt. Dieselben Produkte werden für den Trinkwasser- und Schwimmbadbereich eingesetzt und werden daher bei ihrer Herstellung strengsten Qualitätskontrollen unterworfen, insbesondere in Bezug auf den Schwermetallgehalt. Eine etwaige Wasserbelastung durch die Produkte kann daher ausgeschlossen werden, gleiches gilt für den Schlamm, dessen landwirtschaftliche Verwendung durch den ENTEC-Einsatz nicht eingeschränkt wird.

2.2 MACHT SICH DER ANLAGENBETREIBER DURCH EINSATZ DER C-N-P – STRATEGIE VON EINEM LIEFERANTEN ABHÄNGIG ?

Nein ! Der Einsatz der C-N-P – Strategie ist keine irreversible Entscheidung. Die Dosierung der Produkte kann jederzeit abgebrochen werden, die Anlage kann jederzeit wieder „konventionell“ betrieben werden. Das wäre angesichts der Vorteile bei Betriebssicherheit und Kosten zwar nicht klug, gibt dem Anwender jedoch die Sicherheit, sich nicht abhängig zu machen.

2.3 VORAUSSETZUNGEN ZUM EINSATZ DER C-N-P – STRATEGIE

Folgende Voraussetzungen müssen gegeben sein, damit die C-N-P – Strategie zum Einsatz kommen kann:

Art der Anlage:

Belebtschlammanlage mit Schlammrückführung

Messeinrichtungen:

Messeinrichtungen für verschiedene Anlagenparameter, z.B. TOC (oder CSB-Fracht) und N- und P-Fracht im Zulauf, O₂-Konzentration oder Redoxpotenzial im Belebungsbecken, N, P und Trübung im Ablauf. Je mehr Parameter gemessen werden, desto effektiver kann die Dosierung eingestellt werden, allerdings ist die Anwendung der C-N-P – Strategie auch bei Messung nur weniger Parameter möglich. So ist z.B. eine häufig angewandte, sehr einfache Methode die ENTEC-

Dosierung proportional zum Lufteintrag ins Belebungsbecken.

In der Praxis wird man auch die Größe der Anlage berücksichtigen: Bei einer kleinen Kläranlage nur wenige Messparameter, dafür wird eine weniger genaue Dosierung in Kauf genommen. Ist die Anlage dagegen größer, bringt eine präzisere Dosierung so viele Kostenvorteile, dass die Mehrkosten für die aufwendigere Messanlage schnell amortisiert sind. Eventuell kann auch in der Versuchsphase mit einer einfachen (vielleicht schon vorhandenen) Messanlage gearbeitet werden, während man zum Dauereinsatz mit genauerer Messung weiter optimiert.

Sofern die erforderlichen Messeinrichtungen nicht vorhanden sind, können diese von uns gekauft oder gemietet werden.

Lager- und Dosiereinrichtungen

für die flüssigen ENTEC-Produkte. Oft können vorhandene Fällmittel-Dosierstationen genutzt werden. Ansonsten können auch diese Einrichtungen von *Hei*ENTECC gekauft oder gemietet werden.

Versuche:

Der Nachweis der Funktion der C-N-P – Strategie mit ihren Betriebsverbesserungen und der tatsächlich erzielbaren Höhe der Einsparungen wird stets in Vorversuchen geführt, bei denen auch Details der zweckmäßigen Auslegung bestimmt werden.

Da die Umstellung der Mikroorganismen-Population ca. 2 - 3 Monate in Anspruch nimmt, ist im Allgemeinen eine Versuchsdauer von 6 - 9 Monaten zweckmäßig. In dieser Zeit können dann auch fast alle im normalen Anlagenbetrieb vorkommenden Betriebszustände mit einbezogen werden. Wesentlich für das Gelingen der Versuche ist dabei die intensive Zusammenarbeit mit dem Anlagenpersonal – nicht nur, um die Kosten niedrig zu halten (wir brauchen dann nur seltener anwesend zu sein und ein Großteil der durchzuführenden Aktionen lässt sich telefonisch besprechen), sondern insbesondere auch, weil schließlich niemand Ihre Anlage besser kennt als Sie. Außerdem hat der Anwender so die Gewähr, dass das, was im Versuch funktionierte, dann auch im täglichen Betrieb arbeitet.

Besonders ideal für die Durchführung von Versuchen ist eine mehrstrahige Anlage – wird nun in einer Straße die C-N-P – Strategie eingesetzt, so ist ein einfacher Vergleich mit dem parallel laufenden „konventionellen“ Verfahren möglich.

Einen detaillierten Vorschlag für die Durchführung eines Versuchs mit den im einzelnen zweckmäßigen Bedingungen, den zu erwartenden Kosten und einer vorläufigen Abschätzung der Einsparung

beim Einsatz der C-N-P – Strategie erstellen wir
gern kostenlos nach Besichtigung Ihrer Anlage.

3 QUANTITATIVE BETRACHTUNG

Im Rahmen einer allgemeinen Verfahrensbeschreibung können natürlich keine detaillierten Zahlen für eine bestimmte Anlage angegeben werden – zu unterschiedlich sind die einzelnen Abwässer, Anlagenkonzeptionen, örtlichen und (jahres)zeitlichen Gegebenheiten. Um gleichwohl eine Vorstellung von der Größenordnung und vom Potential der C-N-P – Strategie zu geben, seien im Folgenden einige beispielhafte Werte angegeben. Detailliertere Schätzungen können wir nach Begutachtung einer Anlage abgeben; die Verifizierung und Präzisierung der Schätzungen erfolgt dann im Rahmen von Feldversuchen über 6 - 9 Monate, u.a. auch unter Berücksichtigung jahreszeitlicher Schwankungen.

PARAMETER	KONVENTIONELLER BETRIEB	C-N-P - VERFAHREN	
		ursprünglicher Durchsatz	erhöhter Durchsatz
Abwasserzufluss Q [m³/d]	25.000	25.000	50.000
Volumen Belebungsbecken V_{BB} [m³]	8.000	8.000	8.000
ZULAUF			
CSB-Fracht [t/d]	12	12	24
CSB-Konzentration [mg/l]	480	480	480
N_{ges} [mg/l]	60	60	60
PO₄-P [mg/l]	15	15	15
SAUERSTOFFZUFUHR			
[t/d]	19 - 26	9,5 - 11	19 - 22
[kg/t CSB]	1600 - 2200	800 - 900	800 - 900
TS ÜBERSCHUSSSCHLAMM			
[kg/kg CSB]	0,5 - 0,7	0,25 - 0,35	0,25 - 0,35
[t/d]	6 - 8,5	3 - 4,2	6 - 8,5
DOSIERUNG			
Melasse (C-Quelle für Denitrifikation) [t/d]	2	nicht erforderlich	nicht erforderlich
ENTEC-Produkt [kg/t CSB]	0	40 - 80	40 - 80
ENTEC-Produkt [kg/d]	0	500 - 950	950 - 1.900
ABLAUF			
CSB [mg/l]	wechselnd	< 40	< 40
N_{ges} [mg/l]	wechselnd	< 8	< 8
PO₄-P [mg/l]	wechselnd	< 1	< 1

Durch Einsatz der C-N-P – Strategie kann also bei gleicher oder verbesserter Reinigungsleistung eine Verminderung des Sauerstoffbedarfs und der Überschussschlammmenge erzielt werden (Vgl. Spalte 2: „Konventioneller Betrieb“ mit Spalte 3: „C-N-P -Verfahren, ursprünglicher Durchsatz“). Alternativ kann der Durchsatz erhöht (z.B. verdoppelt) werden, bei Beibehaltung von Sauerstoffverbrauch und Überschussschlammmenge (Vgl. Spalte 2: „Konventioneller Betrieb“ mit Spalte 4: „C-N-P -Verfahren, erhöhter Durchsatz“). Zwischenlösungen sind natürlich ebenso möglich.

Da die Stickstoffentfernung ohne den „Umweg“ über die positive Oxidationsstufe des Nitrats realisiert wird, kann auf die klassische Denitrifikation und damit auf eine anoxische Zone verzichtet werden. Ebenso erübrigt sich meist die sonst oft erforderliche Dosierung von zusätzlichen C-Quellen, da durch verringerte Mineralisation wesentlich mehr Kohlenstoff im Schlamm zur Verfügung steht.

3.1 KOSTENBETRACHTUNG

Wird bei gleichem Durchsatz das C-N-P – Verfahren angewandt, so verändert sich die Kostensituation bei obigem Beispiel wie folgt:

Sauerstoff:

Minderverbrauch: 800 - 1.300 kg/t CSB
Bei einem angenommenen Sauerstofftrag von 3 kg O₂ /kWh ergibt sich eine Ersparnis von 270 - 430 kWh/t CSB und bei einem Preis von

€ 0,10/kWh eine Kostenersparnis von ca. € 27,- bis € 43,- pro t CSB.

Überschussschlamm-Entsorgung:

Einsparungen bei der Überschussschlamm-Menge ziehen eine ganze Kette von weiteren Einsparungen nach sich:

- Einsparung an Entwässerungschemikalien
- Einsparung an Energiekosten für die Entwässerung und Trocknung
- Einsparung an Entsorgungskosten für den Reststoff (z.B. Transport- und Deponiegebühren)

Geht man überschlägig von Kosten von € 300,- pro Tonne TS im Überschussschlamm aus, so resultieren daraus folgende Einsparungen:

Mindermenge: 0,25 - 0,35 t ÜS / t CSB, entspricht einer Kostenersparnis von € 75,- bis 105,- pro t CSB.

Dosierung:

Die Kosten für die eingesetzten ENTEC-Produkte liegen bei ca. € 25,- - 50,- pro t CSB.

Hinzu kommen Kosten für Mess- und Dosiereinrichtungen, soweit nicht vorhandene Einrichtungen genutzt werden können. Je nach vorhandener Situation ergeben sich bei der oben genannten ursprünglichen CSB-Fracht Finanzierungskosten in Höhe von ca. € 1,- bis € 5,- pro t CSB.

Gesamtabschätzung:

	MEHR(+) BZW. MINDERKOSTEN (-) DURCH C-N-P - EINSATZ	
	von [€ / t CSB]	bis [€ / t CSB]
Energie für Sauerstoffzufuhr	- 27,-	- 43,-
Überschussschlamm-Entsorgung	- 75,-	- 105,-
ENTEC - Dosierung	+ 25,-	+ 50,-
Mess- Dosiereinrichtung	+ 1,-	+ 5,-
Summe	- 76,- € / t CSB	- 93,- € / t CSB

Damit ergeben sich bei obigem Beispiel Kosteneinsparungen durch Einsatz der C-N-P – Strategie in Höhe von ca. € 300.000,- bis € 400.000,- pro Jahr allein aus den Betriebskosten.

Noch nicht berücksichtigt sind dabei

- Fortfall der Denitrifikationszone
- Fortfall der zusätzlichen C-Dosierung
- Höhere Gas- und damit Stromausbeute
- Kappung von Lastspitzen (mit ungünstigen Stromtarifen) durch Vergleichmäßigung der Abbauleistung
- Fortfall von Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebsbedingungen (z.B. Blähschlammekämpfung)
- Senkung der Abwasserabgabe durch bessere Ablaufwerte
- und insbesondere der nun mögliche wesentlich höhere Durchsatz, der hohe Investitionen für Erweiterungsbauten unnötig macht oder zumindest um Jahre hinausschiebt.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Die Verfahrensführung der C-N-P – Strategie verbessert die Lebensbedingungen der Mikroorganismen der Kläranlage. Hierdurch erhöhen sich Reinigungsleistung und Anlagenkapazität, gleichzeitig lösen sich viele Betriebsprobleme.

Diese Leistungssteigerung geht einher mit einer Reduzierung der Betriebskosten und der Investitionskosten, die den Aufwand für den C-N-P - Einsatz bei weitem übersteigt.

Die C-N-P – Strategie verbessert somit die Abwasserreinigung bei gleichzeitiger Kostenreduzierung, mithin

ÖKONOMIE DURCH ÖKOLOGIE.