

# Leistungserhöhung der Kläranlage senkt Betriebskosten

Dr. Michael HEIMANN, HeiENTEC Dr. Heimann Umwelttechnik GmbH, Langgöns

Durch die biologische Optimierung entstehen weniger **Überschuss-Schlamm** und ein geringerer **Stromverbrauch** bei besserer **Reinigungsleistung**.

Durch erhöhten Kostendruck und Ausfälle auf der Einnahmenseite sehen sich Kommunen und Verbände immer stärker mit der Notwendigkeit konfrontiert, Kosten zu vermeiden, wo irgend möglich. An Verbesserungen mit der Zielrichtung „Umweltschutz“ ist also nicht zu denken! Oder doch? Die biologische Optimierung einer Kläranlage nach dem patentierten C-N-P-Verfahren verbessert nicht nur die Reinigungsleistung und die Betriebseigenschaften, sondern führt auch zu insgesamt wesentlich geringeren Betriebskosten durch Einsparungen beim Sauerstoff(=Energie-)Verbrauch, Erhöhung der Gasproduktion und Verringerung der Überschussschlamm-Menge.

Der größte Kostenfaktor ist fast immer die Konditionierung und Entsorgung des Klärschlammes – für die Zukunft dürfte sich aufgrund schwindender Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten die Situation hier eher noch verschärfen. Eine Verminderung des Überschuss-Schlammanfalls ist somit die Kostenbremse mit dem größten Zukunftspotenzial.

Im Gegensatz zu vielen anderen Optimierungsansätzen setzt das C-N-P-Verfahren auf Optimierung des biologischen Systems.

Das Verfahren steuert die Atmungsaktivität der Mikroorganismen mit der Zielsetzung, weit gehend kontrollierte Bedingungen zu schaffen, unter denen einerseits hohe Produktion von biologischem Überschussschlamm von vornherein vermieden wird, andererseits aber auch zu hohe Atmungsaktivität unterbunden

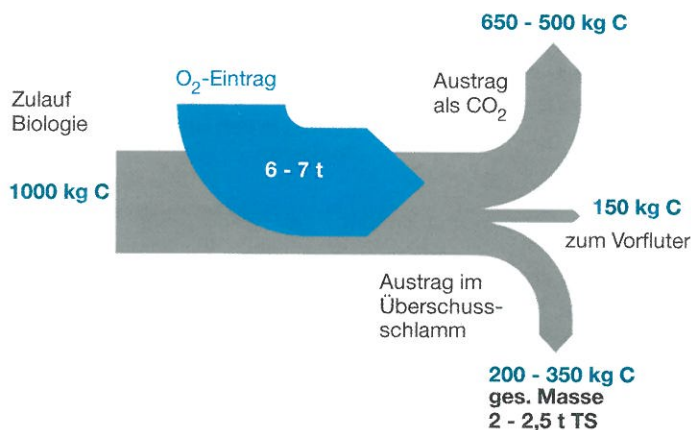


**BILD 1 KONVENTIONELLE**

**Verfahrensführung: hoher C-Masseverlust**

wird, da hierdurch zwar Schlammmasse abgebaut wird, gleichzeitig aber Mikroorganismen zersetzt werden, mit Nachteilen für die Reinigungsleistung und Klärgaserzeugung bei einer nachfolgenden anaeroben Schlammbehandlung.

## Verfahrensbeschreibung

Das C-N-P-Verfahren benötigt als Hilfsstoffe Produkte der ENTEC-Serie, ist aber keinesfalls auf die Hilfsstoffdosierung beschränkt. ENTEC-Produkte basieren auf veredelten Aluminium-Hydroxid-Chloriden, deren Funktion sich aus ihrer speziellen Struktur ableitet: Die Grundverbindung liegt in Makrokationen („Cluster“) vor, die die Eigenschaft haben, 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.

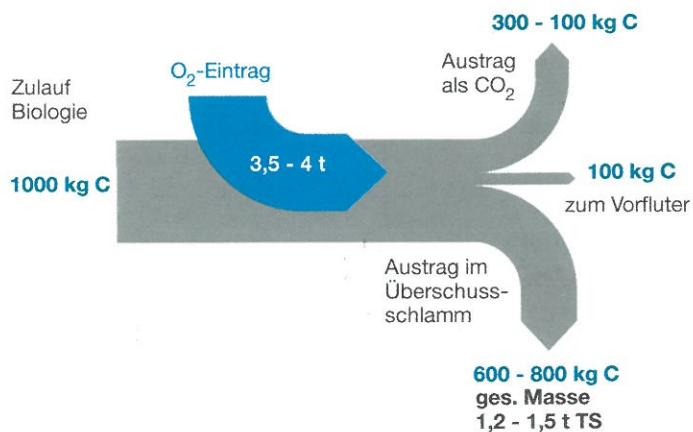
Damit braucht man gleichzeitig bei Spitzenbelastung nicht mehr so viel Sauerstoff (da die Umsetzung der Nährstoffe ja auf „später“ verschoben ist), in wenig belasteten Zeiträumen besteht nicht mehr die Gefahr der Überlüftung, da nun die Nahrungsmittelreserve verarbeitet wird.

## Förderung „gewünschter“ Mikroorganismen

Eine weitere wesentliche 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 Gege-

## Atmungsaktivität der Mikroorganismen steuern

Das C-N-P-Verfahren steuert die Atmungsaktivität der Mikroorganismen mit der Zielsetzung, Bedingungen zu schaffen, unter denen die hohe Produktion von biologischem Überschussschlamm vermieden wird.



unabhängig vom Verfahren – eine möglichst hohe Eliminierung der chemisch gebundenen Abwasserkomponenten Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor. Diese erfolgt durch Ausstrag über den Gaspfad (bei C und N) bzw. über den Schlammfad (bei C, N und P). Bei Bi-

Kohlenstoffeliminierung (20 bis 35 %) wird durch Ausstrag im Überschussschlamm realisiert.

## C-N-P-Strategie

Annähernd unter Umkehrung der Massenverhältnisse bewerkstelligt die C-N-P-Strategie die Kohlenstoffeliminierung zum überwiegenden Teil durch Eintrag in den Überschussschlamm (Bild 2).

Wie oben ausgeführt, erlaubt die Dosierung der ENTEC-Produkte durch Bevorzugung der höher organisierten Organismen und Eindämmung der Autolyse einen wesentlich geringeren Sauerstoffeintrag. Dieser wiederum führt im Zusammenwirken mit Adsorptionseffekten zur Zunahme von Kohlenstoff im Schlamm (als Mikroorganismenmasse und als Nahrungsmittelreserve). Der Sauerstoffverbrauch liegt jetzt nur noch bei etwa 3,5 bis 4 kg O<sub>2</sub>/kg C (entsprechend etwa 0,85 bis 1 kg O<sub>2</sub>/kg CSB).

Bei Bilanzierung der Stickstoffströme findet man ein umgekehrtes Verhalten: Einen geringen N-Verlust unter konventioneller Verfahrensführung (geringen N-Austrag über den Gaspfad) – unter C-N-P-Strategie dagegen einen hohen N-Verlust (hohen N-Austrag über den Gaspfad). Beim Phosphor ist der Verlust (Ausstrag über den Gaspfad) stets Null.

Dass die Zunahme des Kohlenstoffgehalts im Schlamm zu einer erhöhten Gasproduktion führt, ist offensichtlich. Ebenso ist die Abnahme des Überschussschlamm-Volumens verständlich, da sich Absetzverhalten und Entwässerbarkeit durch Verbesserung der Flockenstruktur erhöhen. Überraschend ist jedoch die Beobachtung, dass sich ebenfalls die Überschussschlamm-Masse signifikant vermindert.

Analysen der Belebtschlämme einer Reihe von Anlagen in Bezug auf ihren Gehalt an Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor sowie den CSB ergaben folgendes Bild (Bild 3): Belebtschlämme aus konventionell betriebenen Anlagen enthalten oft weniger als 20 % Kohlenstoff und ein C/N-Verhältnis von etwa 3 bis 4. Des Weiteren befindet sich der eliminierte Phosphor im Belebtschlamm – in der Biomasse gebunden oder in anorganischer Form. Den überwiegenden Teil des Belebtschlamm bilden jedoch Inertstoffe und chemisch gebundener Sauerstoff. Der hohe Sauerstoffanteil (und die mithin geringe weitere Oxidierbarkeit) manifestiert sich auch im CSB/TOC-Verhältnis des Belebtschlamm, das niedrige Werte von 2 bis 3 annimmt.

Bei Einführung des C-N-P-Verfahrens beobachtet man mit Beginn der Dosierung des ENTEC-Produkts und der Verringerung des Sauerstoffeintrags eine

## BILD 2 C-N-P-STRATEGIE:

Kohlenstoffeliminierung durch Eintrag in den Überschussschlamm

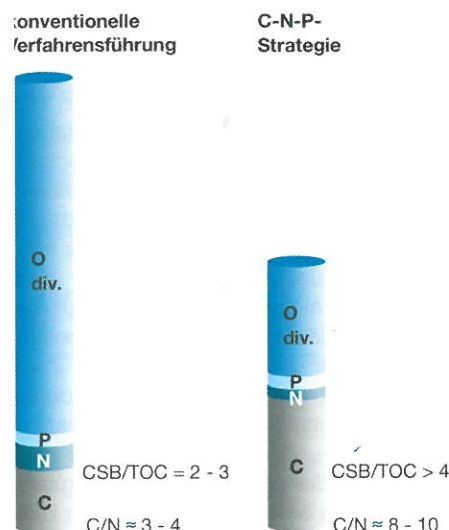
lanzierung der messbaren Zu- und Ablaufströme des Bioreaktors (d. h. Abwasserzulauf, Wasserablauf und Schlammabzug) – stellt man für die drei zu betrachtenden Elemente unterschiedliche „Masseverluste“ fest, die jeweils dem Austrag über den Gaspfad entsprechen.

## Konventionelles Verfahren

Bei „konventioneller“ Verfahrensführung einer Belebungsanlage wird der überwiegende Teil des Kohlenstoffs (50 bis 65 %) als CO<sub>2</sub> über den Gaspfad ausgetragen, bei der Bilanzierung wird ein hoher Masseverlust an C festgestellt (Bild 1). Dies erfordert einen entsprechend hohen Sauerstoffeintrag von etwa 6 bis 7 kg O<sub>2</sub>/kg C (entsprechend etwa 1,5 bis 1,8 kg O<sub>2</sub>/kg CSB). Ein geringerer Teil der

## BILD 3 ANALYSE

der Belebtschlämme auf ihren Gehalt an Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor und CSB.



benheiten lässt sich die Situation so beeinflussen, dass zwar die Abwasserinhaltsstoffe abgebaut werden, die Autolyse jedoch weitestgehend unterbleibt. Diese kompetitive Hemmung wird durch die polymere Veredelungskomponente des ENTEC-Produkts bewirkt.

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 zu Gunsten der Assimilation durch die nun überwiegenden höher organisierten Mikroorganismen.

Nach dem Stand der Technik ist davon auszugehen, dass bei Einführung der Phosphorfällung auf einer Belebtschlamm-Anlage – sei es mit Eisen- oder Aluminiumsalzen – eine höhere Überschussschlamm-Masse auftritt. Dies ist zwanglos zu erklären durch den Anfall von Eisenphosphat bzw. Aluminiumphosphat sowie der entsprechenden Hydroxide. Die zusätzliche Masse kann – wie in der einschlägigen Literatur beschrieben – aus der eliminierten P-Fracht und der Menge des eingesetzten Fällmittels näherungsweise berechnet werden.

Aufgrund dieser plausiblen Erfahrung wird oft vermutet, die C-N-P-Strategie mit ihrem Einsatz des aluminiumhaltigen ENTEC-Produkts müsse ebenfalls zu einer Erhöhung der Schlammmenge führen, zumal sie ja ebenfalls Phosphor eliminiert, der sich zwangsläufig im Schlamm wieder finden muss. Tatsächlich ist jedoch stets eine Massenabnahme des Überschussschlamm zu beobachten, die, abhängig von Ausgangslage und vorher eingesetztem Verfahren, 30 bis 50 % betragen kann.

## Wie ist die Massenabnahme zu erklären?

Prozessziel des Kläranlagenbetriebs ist –

stetige Zunahme des Kohlenstoffgehalts bis auf > 40 %, eine Zunahme des C/N-Verhältnisses bis auf Werte von 8 bis 10 und des CSB/TOC-Verhältnisses auf > 4, bisweilen bis zu 5 bis 6 (der Schlamm enthält jetzt wesentlich weniger Sauerstoff, ist somit weiter oxidierbar). Aufgrund verbesserter P-Eliminierung enthält der Schlamm nun auch eine höhere Phosphormasse.

Bild 3 verdeutlicht, dass die Abnahme der Überschussschlamm-Masse also vor allem auf die geringere Masse an chemisch gebundenem Sauerstoff zurückzuführen ist, die die geringe Zunahme der Masse an Phosphor weit überkompensiert.

### Untersuchungsergebnisse

Die oben genannten Ergebnisse sind Resultat von statistischen Auswertungen über einen längeren Zeitraum (mindestens 6 Monate). Die Langzeitauswertung ist unabdingbar, um einerseits die bei jedem Kläranlagenbetrieb auftretenden starken Schwankungen auszugleichen, die auf die oftmals stark wechselnden Zuflüsse und Betriebsbedingungen zurückzuführen sind.

Weiterhin benötigt die Biocoenose stets einen längeren Zeitraum zur Umstellung auf das C-N-P-Verfahren. Die Ursachen hierfür liegen darin, dass bei der Umstellung mit einer möglichst geringen Sauerstoffzufuhr gearbeitet werden muss, andererseits aber bei noch konventioneller Verfahrensführung die Sauerstoffzufuhr zunächst hoch genug sein muss, um noch ausreichende Nitrifikation zu gewährleisten. Es ist daher stets ein langsames, schrittweises Vorgehen erforderlich, das sicher stellt, dass die Ablaufwerte nicht gefährdet werden.

Bild 4 zeigt beispielhaft die Entwicklung der Überschussschlamm-Masse auf einer Kläranlage mit etwa 20.000 EW

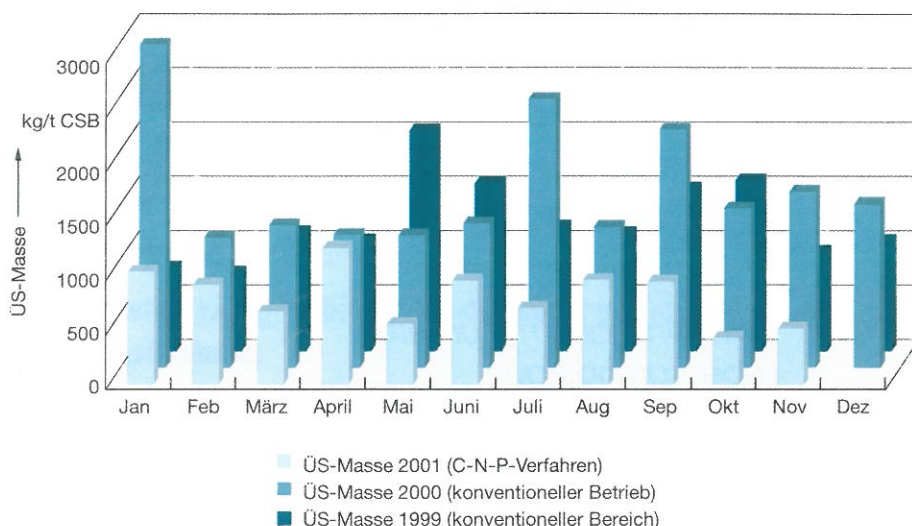


**BILD 4 ÜBERSCHUSS-SCHLAMM-MASSSEN**  
bezogen auf die CSB-Zulaufkraft

innerhalb von 11 Monaten nach Umstellung auf das C-N-P-Verfahren. In den Jahren 1999 und 2000 wurde noch nach „konventioneller“ Verfahrensführung gearbeitet, Mitte Dezember 2000 wurde auf das C-N-P-Verfahren umgestellt. Deutlich sichtbar ist die langsame Umstellung und die damit verbundene Verminderung der Überschussschlamm-Masse. Da die anfallende Überschussschlamm-Menge u. a. von der Zulaufkraft zur Biologie abhängt, erfolgt stets eine frachtproportionale Betrachtung. Als Maß für die Fracht wird der Wert der CSB-Fracht zur Biologie verwendet. Der Überschussschlammanfall wird daher in kg (TS)/t (CSB) angegeben. Die in der Anlage entstehende Totzeit zwischen Fracht Zulauf und Schlammabzug bleibt dabei unberücksichtigt, da ohnehin nicht genau feststellbar. Die durch die Verschiebung entstehenden starken Schwankungen werden durch statistische Betrachtung

über einen längeren Zeitraum ausgeglichen.

Insgesamt ist mit einer Verminderung der Überschussschlamm-Masse um 30 bis 50 % zu rechnen darüber hinaus mit einem entsprechend verminderten Sauerstoff- und damit Energieverbrauch. Der damit verbundene Kostenvorteil geht einher mit einem beträchtlichen Vorteil für die Umwelt, durch verminderte Produktion des Treibhausgases CO<sub>2</sub>, sowie durch eine verbesserte Reinigungsleistung der Kläranlage besonders auch für die kritischen Parameter NH<sub>4</sub>-N und NO<sub>3</sub>-N.

### KONTAKT

Dr. Michael HEIMANN  
HeiENTEC Dr. Heimann  
Umwelttechnik GmbH  
Burgstraße 27  
354218 Langgöns  
Tel.: 06447/922936  
Fax: 06447/922937  
E-Mail: info@heientec.de

Knapper werdende  
**Ressourcen**  
erfordern größere  
**Anstrengungen**

beim Umgang mit unseren  
Lebensgrundlagen  
Wasser - Luft - Natur

Knapper werdende  
**Kassen**  
verbieten aufwändige  
**Maßnahmen**

Rücksichtnahme auf  
Wasser - Luft - Natur –  
wer kann (sich)  
das leisten?

# Umweltschutz

– ein Luxusgut  
für bessere Zeiten?



Wir sind eine Gruppe von innovativen Firmen,  
deren Zielsetzung es ist, mit intelligenter  
Technologie nicht nur der Umwelt zu  
nützen, sondern gleichzeitig die Wirtschaft-  
lichkeit zu erhöhen, mit dem Resultat

## Ökonomie durch Ökologie

**GNP**  
Die C-N-P-Gruppe

HeiENTEC Dr. Heimann  
Umwelttechnik GmbH  
Bürgstr. 27  
D-35428 Langgöns  
Fon: +49(0)6447/922936  
Fax: +49(0)6447/922937  
info@heientec.de

PRO-ENTEC  
Umweltschutz GmbH  
Hauptstr. 154  
D-63829 Krombach  
Fon: +49(0)6024/1085  
Fax: +49(0)6024/1088  
info@pro-entec.de

PRO-ENTEC east GmbH  
bio engineering  
Hofstr. 2  
D-16928 Gerdshagen  
Fon: +49(0)33986/60956  
Fax: +49(0)33986/60958  
info@pro-entecast.de