

# **Betriebssicherheit, Langlebigkeit und Nachhaltigkeit von kommunalen Kläranlagen mittels Dolomitreaktor**

---

**Carl Wassermann**

**KRONOS ecochem, Leverkusen**

**Dr. Friederike Krey**

**Schöndorfer GmbH, Schneitzleuth**

**Arno Kremer**

**AZV Bühl u. Umgebung, Bühl-Vimbuch**

## **1 Einleitung**

Bläh- und Schwimmschlamm ist noch immer eines der gravierendsten Probleme beim Betrieb kommunaler Kläranlagen. Durch Schlammabtrieb können Ablaufwerte erheblich verschlechtert werden. CSB, abfiltrierbare Stoffe oder Phosphat können die Grenzwerte überschreiten.

Die Bekämpfung hat sich als aufwändig und teuer herausgestellt, ist aber nicht dauerhaft. Inzwischen hat man erkannt, dass die Symptome, aber nicht die Ursachen bekämpft werden.

Beobachtet man über einen längeren Zeitraum verschiedene Anlagen, stellt man fest, dass direkt nach dem Neubau einer Anlage die Probleme noch sehr gering sind, zum großen Teil noch nicht vorhanden. Erst nach etwa zwei Jahren treten die ersten Phasen von Bläh- und Schwimmschlamm auf. Ohne entsprechende Maßnahmen verlängern sich diese Phasen von Jahr zu Jahr, bis das Problem ganzjährig auftritt.

Was sind die aktuellen Gegenmaßnahmen? Die Veränderung der verfahrenstechnischen Randbedingungen, wie z.B. die Erhöhung der Schlammbelastung durch vermehrten Abzug von Überschussschlamm, hat sich ebenso als hilfreich erwiesen wie die Erhöhung der Sauerstoffkonzentration in der Biologie. Neben der Auswahl spezieller Fällmittel, hauptsächlich auf Aluminiumbasis mit entsprechender Erhöhung der Dosiermenge, wird auch die Zugabe von Chemikalien wie Chlor in Form von Eau de Javel beispielsweise in Frankreich regelmäßig praktiziert. Auch die Zugabe von beschwerenden Stoffen wie z.B. Braunkohlekoks oder Steinmehl haben auf manchen Anlagen Erfolge gebracht, zumindest zeitweise.

Bekämpfungsmaßnahmen der Niedriglastbakterien haben aber Folgen: Eine höhere Sauerstoff-Konzentration ist energieaufwändig. Das Schlammalter reduzieren bzw. Schlammbelastung erhöhen ist problematisch hinsichtlich des Stickstoffabbaus, besonders bei niedrigen Temperaturen. Dazu erhöht es die Überschussschlammmenge. Durch die zusätzliche überstöchiometrische Zugabe von speziellen Fällmitteln handelt man sich zum Teil eine Verdreifachung der Fällmittel-Kosten, Schlamm-mehranfall und sehr häufig schlechtere Entwässerbarkeit ein. Manchmal müssen Polymere zugegeben werden, um die Flockung sicherzustellen. Besonders extrem ist die Zugabe von Chlor in Form von Eau de Javel hinsichtlich des generellen Betriebs



der Anlage. Große Teile der Biologie werden abgetötet. Die Folgen sind klar: Überschreitung sämtlicher Ablaufgrenzwerte. Die Erholung der Anlage kann Monate dauern. Glücklicherweise ist das nur in wenigen Ländern Europas überhaupt erlaubt.

**Abbildung 1:** Ganzjährige Schwimmschlammdecke mit herkömmlichen Bekämpfungsversuchen im September 2008

Man kann also sagen, dass mit der Unterdrückung der Fäden billigend andere Probleme in Kauf genommen werden und kostenaufwändig ist. Bei zahlreichen Kläranlagen ist die Problematik trotz hohen finanziellen und personellen Aufwands nicht sicher unter Kontrolle. Auf einigen Anlagen treten verstärkt auch *Microthrix* und *Nocardia* unabhängig von der Anwendung von Bekämpfungsmaßnahmen auf, d.h. es gibt Anlagen, bei denen alle Faktoren wie Sauerstoffkonzentration, Fällmittelart und -menge, Schlammalter etc. optimal eingestellt sind und dennoch große Probleme mit Fäden bestehen.

Zusätzlich zu den betrieblichen Störungen tauchen verstärkt Betonkorrosionen auf, die zum Teil schon im Gewährleistungszeitraum auftreten und in 10 Jahren schon bis zu 2 cm Beton gekostet haben.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prof. Dipl.-Ing Dr. N. Matsché, Erhebung zu Betonschäden auf Kläranlagen in Österreich, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien 2006

---

## 2 Ursachen

Um die wirklichen Ursachen zu finden, muss ein Bild aus vielen Mosaiksteinen zusammengesetzt werden, das aus den unterschiedlichsten Fachbereichen besteht. Diese Mosaiksteine reichen zum Beispiel vom Henry-Dalton-Gesetz von 1803 bis zu den Veröffentlichungen verschiedener Universitäten über die Betonkorrosion durch Kohlensäure auf Kläranlagen im Jahre 2006. Aus den Fachbereichen Biologie, Biochemie, Chemie, Physik, Thermodynamik, Bauingenieurwesen, Siedlungswasserwirtschaft, Werkstoffkunde, Geologie, Meteorologie und Klimatologie sind Bausteine nötig, die Zusammenhänge zu verstehen.

Diese Vorstellung der Ursachen zeigt nun, dass die Veratmung von Kohlenstoff zu Kohlendioxid in der Biologie wesentlich für die ganzen Probleme in Zusammenhang gebracht werden kann. Bei den Karlsruher Flockungstagen wurde schon mehrfach darüber berichtet, wie beispielweise im Band 108 bei den 16. Karlsruher Flockungstagen 2002, wo der Komplex „Bläh- und Schwimmschlamm“ noch einmal aufgegriffen wurde um neue Erkenntnisse zu beleuchten, die sich in der Zwischenzeit ergeben hatten. Im Beitrag von Dr. Kühl: Symptom- und Ursachenbekämpfung bei Blähschlammereignissen wird schon auf die Zusammenhänge des gestörten Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtes, dem Calcium-Mangel und der Stabilität der Flocken hingewiesen.<sup>2</sup>

Setzt man das Mosaik zusammen, ergibt sich das Bild einer Kettenreaktion, die von der Kohlenstoffveratmung über Regenereignisse und Calcium-Unterversorgung die Bläh- und Schwimmschlammproblematik auslöst. Die Versäuerung der Biologie durch die Bio-P und die Nitrifikation kann durch die Denitrifikation immer nur zum Teil ausgeglichen werden.<sup>3</sup> Zu dieser Grundversäuerung kommen noch enthärtetes Wasser aus den Haushalten und die gesammelten weichen Regenwässer, die inzwischen in großen Regenrückhaltebecken gespeichert werden, um die noch vorhande-

---

<sup>2</sup> Kühl, T. (2002): Symptom- und Ursachenbekämpfung bei Blähschlammereignissen, in Hahn H,H.; Kraus, J. (Hrsg): . Bläh- und Schwimmschlamm. Schriftenreihe des ISWW, Universität Karlsruhe (TH), band 108

<sup>3</sup> Sölter, K., Weber, N. (2000): Die Bedeutung der Säurekapazität auf Kläranlagen, DR LANGE Anwendungsbericht Ch. No 77, August 2000

---

ne Resthärte weiter zu verdünnen. Tiefe Becken und niedrige Wassertemperaturen im Winter erhöhen zusätzlich noch die CO<sub>2</sub>-Löslichkeit.<sup>4</sup>

Ein Teil der gebildeten Kohlensäure ist kalkaggressiv. Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht bzw. die Calcit-Sättigung wie das Gleichgewicht inzwischen bezeichnet wird, kann nach DIN 38404 Teil 10 R 2 bestimmt werden. Trinkwasser soll gemäß den Bestimmungen der Trinkwasserverordnung nicht calcitlösend sein, da sonst Werkstoffe, die kalkhaltig sind wie eben Beton, angegriffen werden können. Für Abwasser und Kläranlagen gibt es diesbezüglich keine Bestimmungen. Bei neuen Kläranlagen kann der frische Beton den Calcium-Mangel noch decken<sup>5</sup>, aber diese Calcium-Quelle nimmt ab, so dass aus den Belebtschlammflocken nach und nach auch die Calciumvernetzungen<sup>6</sup> herausgelöst werden. Daraufhin zerbrechen die Flocken und fadenförmige Niedriglastbakterien gewinnen die Oberhand; Blähschlamm entsteht. Es gibt eine Theorie, dass mit dem Aufkommen der Fäden sich eine Verseifung einstellt, die bei härterem Wasser noch ausflocken könnte.<sup>7</sup> Ist die Wasserhärte zu niedrig, kommt es zur Schwimmschlamm-Bildung.

Dies ist das Bild, das sich aus den erwähnten Mosaiksteinen und noch vielen weiteren ergibt. Wissenschaftlich ist das bisher in einzelnen Aspekten schon untersucht. Ganzheitlich fehlen dafür noch die wissenschaftlichen Beweise. Die Praxis aber zeigt, dass dieses Bild, auf die Probleme angewendet, nachhaltige Lösungen erfordert.

### 3 Entsäuerung mittels eines Dolomitreaktors

Die Ursachenanalyse zeigt, dass es hauptsächlich zwei Werte sind, die verändert werden müssen. Zum Einen ist es die Versäuerung durch die Kohlensäure und zum Zweiten der Calcium-Mangel. Aus der Trinkwasseraufbereitung ist die Lösung dieser

---

<sup>4</sup> Maier-Reimer, E.; Hasselmann, K (1987): Transport and Storage of CO<sub>2</sub> in the ocean an inorganic ocean-circulation carbon cycle model. *Climate Dynamics*, 2 (1978) nr. 2, S. 63 - 90

<sup>5</sup> Thienel, K.-Ch (2006): Werkstoffe des Bauwesens Dauerhaftigkeit von Beton, Institut für Werkstoffe des Bauwesens Universität der Bundeswehr München Frühjahr 2006  
[www.unibw.de/bauw3/lehre/skripten/dauerhaftigkeitvonbeton.pdf](http://www.unibw.de/bauw3/lehre/skripten/dauerhaftigkeitvonbeton.pdf)

<sup>6</sup> Rode, A. (2004): Isolierung und Charakterisierung von bakteriellen extrazellulären polymeren Substanzen aus Biofilmen, Dissertation Universität Duisburg-Essen, Institut für Grenzflächen-Biotechnologie, September 2004

<sup>7</sup> Ott, P. (2008): Betrieb von Abwasseranlagen mit Nitrifikation, Denitrifikation und biologischer P-Elimination unter Winterbedingungen, <http://www.Dr.Ott-de.com>, zuletzt aktualisiert Mai 2008

---

Aufgabe bekannt. Hier hat man es aber mit sauberem Wasser zu tun, das über ein Filterbett von Calcit oder Dolomit geleitet werden kann. Die Konzentration von Kohlensäure kann genau bestimmt und das Calcitlösevermögen eingestellt werden.

In der Kläranlage besteht die Biologie aber aus Belebtschlamm und unzähligen weiteren Inhaltsstoffen, die jede genaue Messung erschweren. Auch würde ein Neutralisationsfilter wie im Trinkwasser schon wegen des Feststoffgehaltes nicht funktionieren.

Mit Hilfe des Dolomitwerks Jettenberg der Firma Schöndorfer GmbH hat die Firma KRONOS nun ein Verfahren entwickelt, das Abwasser, wie in der Trinkwasseraufbereitung entsäuert und gleichzeitig den Calciumgehalt erhöht. Das Verfahren ist für die Biologie in Kläranlagen entwickelt worden und für den Belebtschlammbetrieb geeignet. Dafür wurde das Produkt ÖKODOL von der Firma Schöndorfer entwickelt, ein behandeltes Dolomit

Das Verfahren hat sich als eine sichere und effektive Methode bewährt, die kalkaggressive Kohlensäure zu binden, um für die Nitrifikation ausreichend Säurekapazität zur Verfügung zu stellen. Verwendet wird dazu ein **Dolomitreaktor**. In ihm wird Ökodol - das behandelte Calcium-Magnesiumcarbonat - mit Hilfe von  $\text{CO}_2$  in Calcium-/Magnesiumionen und in Hydrogencarbonationen aufgelöst. Mit Hilfe des Verfahrens wird der Gehalt an  $\text{CaCO}_3$  der Belebtschlammflocke gezielt erhöht und damit Ihre Struktur stabilisiert. Das Magnesium wird weitgehend von den Organismen direkt aufgenommen.

### 3.1 Ausreichender Kontakt

Es ist darauf zu achten, dass im Dolomitreaktor Belebtschlamm ausreichend gut mit dem Ökodol vermischt wird, da sonst der pH-Wert im Reaktor gleich bleibt, ohne dass Calcium und Karbonathärte in nennenswerten Mengen zugeführt werden. Das Ökodol neigt dazu, besonders in Kombination mit Belebtschlamm, Trichter zu bilden, die dann den Belebtschlamm in einer Kurzschlussströmung durch den Reaktor leiten ohne ausreichenden Kontakt mit dem Ökodol zu haben. Weiterhin kann Ökodol Brücken bilden zwischen den einzelnen Körnern, so dass mit der Zeit Bereiche im Reaktor entstehen, die nicht mehr aufgelockert, bzw. durchströmt werden können. Dazu wurde in den Reaktor ein Rührwerk integriert, damit der Betrieb dauerhaft und über das ganze Jahr gewährleistet ist.

### 3.2 Teilstromverfahren

Durch den Dolomitreaktor wird ein Teilstrom Belebtschlamm geleitet. Die Durchflussmenge ist abhängig vom Gesamtvolumen der biologischen Stufen, dem Schlammalter und dem pH-Wert. Das Volumen der Biologie liegt fest. Das Schlammalter variiert je nach Fahrweise und Möglichkeit des Überschussschlammabzuges. Der pH-Wert wird beeinflusst durch die gegebenen Abwasserqualitäten und die Höhe der Stickstoffbelastung. Die Versuche haben gezeigt, dass anfangs der Reaktor mit einem höheren Durchfluss betrieben werden sollte, um möglichst schnell den gewünschten pH-Wert von 7,1 bis 7,4 zu erreichen.

Das Gesamtvolumen der biologischen Stufe sollte je nach Stickstoffbelastung 2 bis 3 mal während einer Schlammalters durch den Reaktor geleitet werden.

Durch das Teilstromverfahren können die Kläranlagen nachträglich mit dem Verfahren ausgerüstet werden. Die Dimensionierung wird durch die Anlagengröße bestimmt. Für jede Straße (Nitri/Deni) ist ein Reaktor sinnvoll.

### 3.3 Verweilzeit

Die Aufenthaltszeit im Reaktor sollte 5 bis 10 Minuten betragen, je nach Effektivität des Reaktors. **Ziel sollte sein, den pH-Wert während der Verweilzeit um 0,2 bis 0,5 zu erhöhen.** Damit kann mit einem einfachen pH-Meter die Funktionskontrolle des Dolomitreaktors durchgeführt werden, ohne aufwendige Labormessungen.

### 3.4 Standort

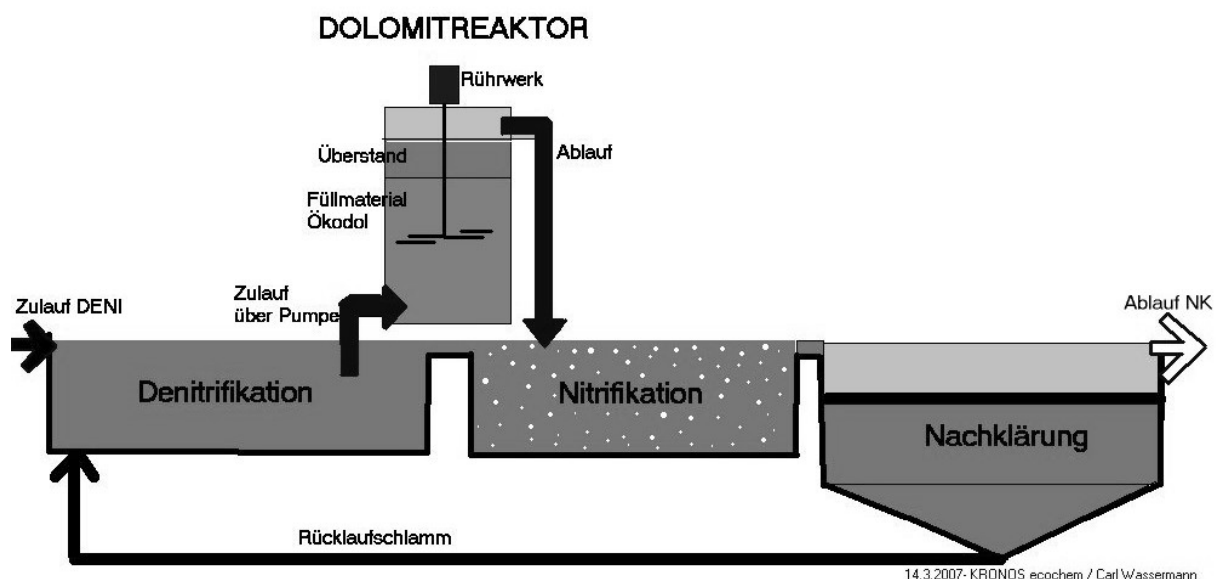
Der Standort am Ablauf der Denitrifikation hat sich für den Einsatz des Dolomitreaktors bewährt. Prinzipiell liegt in der Denitrifikation und in der Nitrifikation kalkaggressive Kohlensäure vor. Wird die Basenkapazität ( $k_b$ -Wert) in der filtrierten Probe bestimmt, findet sich in der gesamten Biologie etwa die gleiche Konzentration. Da der Reaktor den Belebtschlamm entsäuert und gleichzeitig den Calcium-Mangel auf der Flocke beheben soll, ist es günstiger, wenn der Belebtschlamm aus der Denitrifikation entnommen wird, denn für der Nitrifikation ist eine erhöhte Säurekapazität hilfreich. Weiterhin hat sich gezeigt, dass jeglicher Lufteintrag in den Reaktor unterbunden werden muss. Dies konnte bei dem auf der Kläranlage Bühl-Vimbuch im laufenden Betrieb auch praktisch festgestellt werden, wo der Reaktor seit Juni 2005 betrieben wird.

Aus anlagenspezifischen Gründen ist dieser Standort aber nicht immer möglich. Besonders wenn es sich um intermittierende Anlagen handelt, gibt es keinen „Ablauf Denitrifikation“. Grundsätzlich gilt: Die Stelle mit der höchsten Basenkapazität ( $k_b$  -

Wert) auf der Flocke ist als Ansaugstelle zu wählen, da hier die größte Konzentration von Kohlensäure auf der Flocke vorliegt.

### 3.5 Reaktorfüllmaterial

Im Kontakt mit dem wässrigen Belebtschlamm wandeln sich die Inhaltsstoffe des Reaktorfüllmaterials langsam um zu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  sowie verwandten Verbindungen. Das im Reaktor befindliche Ökodol löst sich im Laufe der Zeit komplett auf. Die Körner werden immer kleiner. Durch regelmäßiges Auffüllen stellt sich eine Sieblinie ein, die 2-3 Monaten nach Inbetriebnahme die größte Oberfläche für die Reaktion bildet. Ökodol ist mit Korngröße 2,5 – 4,5 mm verfügbar



**Abbildung 2:** Prozessschema am Beispiel einer vorgeschalteten Denitrifikation

### 3.6 Vergleich zu Kalkmilchdosierung / Trockenkalkdosierung

Es hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse aus der Kalkmilchdosierung und der Trockenkalkdosierung mit dem Einsatz des Dolomitreaktors vergleichbar sind. Je nach Wasserhärte erfolgt die Anreicherung von  $\text{CaCO}_3$  auf der Flocke über mehrere Schlammlager. Auch die verzögerte Verbesserung des Schlammindex, nachdem bereits alle negativen Erscheinungen auf der Anlage verschwunden sind, ist vergleichbar. Nicht vergleichbar ist allerdings der Verbrauch. Liegen die Verbrauchszahlen bei Kalkmilchdosierung bei 35 – 50 g/  $\text{m}^3$  Zulauf und bei Trockenkalkdosierung noch deutlich darüber, haben alle Versuche bisher einen durchschnittlichen Verbrauch von **ca 3 g Ökodol /  $\text{m}^3$  Trockenwetterzulauf** ergeben. In den ersten Monaten nach der Inbetriebnahme liegt dieser Wert noch höher, bis sich das Gleichgewicht einstellt.

Auf die Kläranlagengröße umgerechnet kann man von einem ungefähren Verbrauch von **1 Tonne Ökodol / 10 000 EW im Jahr** ausgehen.

## 4 Sicherheitsbetrachtung

Für den Einsatz eines Dolomitreaktors gibt es keine Sicherheitsbedenken. Dazu ein Zitat eines Betriebsleiters einer der Versuchsanlagen: *„Damit kann man nichts falsch machen, durch die Inhaltsstoffe kann keine Verschlechterung eintreten. Es kann sich nur verbessern.“*

### 4.1. Selbststeuerndes System

Der Reaktor steuert sich selbst durch das chemische Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht. Dadurch ist eine Überdosierung ausgeschlossen. Da es keine Steuerung gibt, gibt es auch keine Sensoren, die ausfallen können.

### 4.2. Selbstreinigendes System

Verstopfungen und Verzafungen im Behälter durch den Belebtschlamm werden konstruktionsbedingt vermieden. Das Durchströmen von unten nach oben spült auch größere Inhaltstoffe im Belebtschlamm durch den Reaktor. Die dadurch eingehandelten Nachteile der Trichterbildung werden durch langsam laufende Rührer unterbunden. Diese sind wegen der Neigung zur Brückenbildung nötig und übernehmen somit

zwei Funktionen.



**Abbildung 3:** Nachfüllen des Dolomitreaktors in Bühl-Vimbuch

### 4.3. Kalkablagerungen

Kalkablagerungen konnten bisher nicht beobachtet werden und kann ausgeschlossen werden, da maximal das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht erreicht werden kann und eine Überkonzentration von Kalk und damit eine Verschiebung der Calcit-Sättigung in Richtung calcitabscheidend ausgeschlossen ist. Auch der niedrige Verbrauch weist darauf hin.



#### **4.4. Ökologische Betrachtung**

Ökologisch gibt es keine Bedenken, da es sich bei dem Verbrauchsmaterial um ein Naturprodukt handelt und nur 99% reiner Dolomit für die Herstellung von Ökodol verwendet wird. Das CO<sub>2</sub>, das bei der Behandlung des Dolomit entsteht, wird in der Anlage wieder gebunden.

### **5 Auswirkungen auf den Betrieb**

#### **5.1 Kein Schlammabtrieb**

Normalerweise wirken sich Schwimm- und Blähschlammprobleme nicht auf die Ablaufwerte aus. Die Fäden, die diese Probleme verursachen, sind gute Reiniger. Problematisch wird es, wenn durch Regenereignisse der Schlamm nicht mehr in der Nachklärung gehalten werden kann und die Schlammbehandlung einen weiteren Schlammabzug nicht mehr zulässt. Wenn dies der Fall ist, sind Nachtschichten und Wochenendeinsätze zwingend. Mit dem Dolomitreaktor ergibt sich aus der Verbesserung der Flockenstruktur eine deutliche Zunahme der Sichttiefe in der Nachklärung, auch bei Regenwetter.

#### **5.2 Zurückführung auf ursprüngliche Kostenniveaus**

Die Ausgaben für Reaktor und Verbrauchsmaterial sind im Vergleich zu den bestehenden Kosten zur Bläh- und Schwimmschlammbekämpfung gering.

Ausfall der Energiegewinnung durch Faulgas, Einsatz von Saugwagen, Verwendung von Entschäumern, zusätzliche Dosierung von Polymer- und Aluminiumprodukten können die Betriebskosten einer Kläranlage erhöhen. In einigen Fällen sind sechsstellige Eurobeträge eingespart worden durch den Betrieb eines Dolomitreaktors. Eine Erhöhung der Abwassergebühren konnte dadurch verhindert werden.

Die Kombination von Dolomitreaktor und Eisensalzen als Fällmittel ergänzen sich nicht nur bei Flockenaufbau und Flockenstabilität,<sup>8</sup> sondern hat sich auch als die kostengünstigste Lösung erwiesen. Die zusätzliche Sulfidbindung und die bessere Entwässerbarkeit vom Schlamm halten die Betriebskosten zusätzlich niedrig.

---

<sup>8</sup> Wingender, J, Flemming, H. C. (1999) Autoaggregation of Microorganisms: Flocs and Biofilms, ) in J. Winter (Hrsg.) Biotechnology Vol. 11a, Wiley-VCH, Weinheim Germany

## 6 Zusammenfassung

### 6.1. Betriebssicherheit

Durch Verbesserung der Schlammstruktur und des besseren Absetzverhaltens in der Nachklärung wird die Gefahr von Schlammabtrieb und damit Grenzwertüberschreitungen drastisch reduziert.



**Abbildung 4:** 300 000EW Anlage mit 4 Strassen und 4 Reaktoren

### 6.2 Langlebigkeit

Durch die Entsäuerung ist die Kalkaggressivität der Kohlensäure gemindert. Der Dolomitreaktor wirkt wie eine nachfüllbare „Opferanode“. Erste Messungen zeigen bereits einen Stopp bei der Korrosion. Die Messungen sind noch nicht abgeschlossen, aber die ersten Ergebnisse klingen schon vielversprechend. Damit kann die geplante Nutzungsdauer der zementgebundenen Bauwerke in Kläranlagen ohne Sanierung erreicht werden. Auf ca 25 Kläranlagen, wird ein Dolomitreaktor bis jetzt betrieben. 2005 haben die ersten Kläranlagen mit dem Einsatz begonnen. Im Frühjahr 2008 wurde der Reaktor in Bühl entleert, um ihn auf einen etwaigen Verschleiß zu untersuchen. Es hat sich bestätigt, dass der Reaktor für den langjährigen Einsatz gebaut wurde und noch viele weitere Jahre in Betrieb bleiben kann. Viele Betriebsleiter haben der Möglichkeit von Besuchen der Versuchsanlagen zugestimmt. Die Anlagengrößen reichen von 5 000 Einwohnerwerten bis bisher 300 000 EW

### 6.3. Nachhaltigkeit

Dieses Verfahren kann zur Nachhaltigkeitsdefinition der UN-Weltkommission von 1987 im Brundland-Report gezählt werden: Deckung der heutigen Bedürfnisse, ohne die Möglichkeit künftiger Generationen zu beeinträchtigen. Dazu wird die Nachhaltigkeit auf kommunalen Kläranlagen unterstützt.

**Anschrift des Verfassers:**

KRONOS INTERNATIONAL, INC.  
KRONOS ecochem  
Carl Wassermann  
Peschstraße 5  
D-51373 Leverkusen  
Tel.: (0214) 356 - 0  
Fax: (0214) 44117  
E-Mail:  
Carl.Wassermann@Kronosww.com

Dolomitwerk Jettenberg, Schöndorfer  
GmbH  
Dr. Frederike Krey  
Oberjettenberg 8  
83458 Schneizlreuth  
Tel (08651) 9682 0  
Fax: (08651) 9682 26  
mail: [schoendorfer@dolomitwerk.de](mailto:schoendorfer@dolomitwerk.de)

AZV Bühl u. Umgebung  
Arno Kremer  
Am alten Römerpfad  
77815 Bühl/Vimbuch  
Tel: (07223) 24243  
Fax: (07223) 942930  
mail: KA-Buehl@gmx.de