

# Optimización de la dosificación de $\text{CaCO}_3$ a través de medición continua de alcalinidad en AZV Breisgauer Bucht (asociación de aguas residuales de Breisgau Bay)

## Antecedentes

El agua muy blanda, así como las fuertes precipitaciones que se producen como resultado de una topografía elevada en la zona de captación de la planta, dan lugar a una baja capacidad ácida del influente. Los límites en la dosificación de grandes cantidades de precipitante ácido, así como la baja disponibilidad de carbono para la desnitrificación, perjudican aún más la capacidad ácida.

## Solución

Se instaló un analizador de alcalinidad titrimétrico en continuo EZ4000 de Hach® primero en el efluente de sedimentación primario tras la precipitación previa y, a continuación, en el efluente del fango activado. Las pruebas han demostrado que la medición de la alcalinidad en el efluente de fango activado, teniendo en cuenta el volumen de influente, es ideal como variable de control para la dosificación de  $\text{CaCO}_3$ .

## Ventajas

La implementación del analizador de alcalinidad y la dosificación de Omya Optical en función del déficit de alcalinidad hace que las operaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales sean menos vulnerables a las fluctuaciones de las cargas hidráulicas y permite un consumo de  $\text{CaCO}_3$  más específico, con un ahorro de hasta el 30 %.



Figura 1: Vista aérea de AZV Breisgauer Bucht del Informe Anual de AZV de 2019

## Cifras clave anuales

| Parámetro                                                                   | Unidad    |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| TOC                                                                         | 6,3 mg/L  |
| $\text{NH}_4\text{-N}$                                                      | 0,09 mg/L |
| $\text{N}_{\text{inorg}}$                                                   | 9,7 mg/L  |
| $\text{P}_{\text{total}}$                                                   | 0,21 mg/L |
| Rendimiento en la descomposición de sustancias                              |           |
| TOC                                                                         | 96,0 %    |
| $\text{N}_{\text{total}} (\text{N}_{\text{inorg}} + \text{N}_{\text{org}})$ | 79,4 %    |
| $\text{P}_{\text{total}}$                                                   | 94,4 %    |

Tabla 1: Resultados de AZV Breisgauer Bucht de 2020 en cifras según la Asociación alemana DWA.

## Introducción

Debido al área de captación y al elevado y diverso número de vertidos indirectos, el influente de la planta de aguas residuales tiene un alto contenido de nitrógeno. El promedio anual de la concentración total de nitrógeno aquí es de 55 mg/L. No obstante, se imponen límites estrictos a la planta, ya que se vierte en una zona de agua sensible desde el punto de vista ecológico. Los valores anuales obtenidos por la planta de tratamiento se pueden consultar en la tabla 1. Debido al agua muy blanda, así como a las fuertes precipitaciones en la zona de captación de la planta de tratamiento de aguas residuales, la monitorización del parámetro de capacidad ácida fue un componente esencial en la optimización de la nitrificación. En este caso, las aguas residuales no tienen una capacidad ácida suficientemente alta, lo que puede dar lugar a un descenso del valor de pH por

debajo de 7,0, dado que las bacterias nitrificantes producen ácido. En este rango de pH, sin embargo, tanto las tasas de nitrificación y de utilización de oxígeno como la floculación se ven afectadas. Las altas cantidades de precipitante ácido agregadas para mantener el límite de  $\text{P}_{\text{total}}$  muy bajo en el efluente de la planta también tienen efectos negativos sobre la capacidad ácida. En el siguiente informe de aplicación se exponen las pruebas realizadas in situ para definir una estrategia de dosificación de  $\text{CaCO}_3$  basada en una medición de la capacidad ácida.

### Capacidad ácida como medida de la capacidad amortiguadora

La capacidad ácida es una medida de la capacidad amortiguadora, es decir, la estabilidad del valor de pH del agua en comparación con los ácidos introducidos o formados en el agua. La formación de ácido asociada a la nitrificación en el tanque de activación (liberación de iones  $H^+$ , véase la ecuación 1) conduce a una reducción del valor de pH. La descomposición de 1 mg  $NH_4-N$  consume 0,14 mmol de capacidad ácida.

### Ecuación 1: $2 NH_4^+ + 4 O_2 \rightarrow 2 NO_3^- + 4 H^+ + 2 H_2O$

Si el ácido nítrico producido durante la nitrificación no se une inmediatamente a sustancias tampón en las aguas residuales, el valor de pH desciende rápidamente a valores inferiores a 7,0. Dado que el rango óptimo de pH para los nitrificantes es de 7,5 a 8,5, cuando el valor de pH desciende, la nitrificación se va deteniendo de forma lenta pero constante. En aguas con una capacidad ácida baja, como la planta de tratamiento de aguas residuales de Forchheim, el valor de pH

caería regularmente por debajo de 6,5 sin la adición de una sustancia tampón. Esto perjudicaría gravemente la tasa de degradación del nitrógeno. Si el valor de pH cae por debajo del rango mencionado, la eficiencia de los nitrificantes disminuye. El uso de oxígeno y la formación de flóculos de fango se ven gravemente perjudicados y se hace necesaria la adición de carbonatos o de sustancias básicas. Para que 1,0 mg/L de  $NH_4-N$  se convierta en  $NO_3-N$  se consumen 7,1 mg/L de alcalinidad. A su vez, la desnitrificación recupera 3,6 mg/L de alcalinidad. La eliminación del fósforo también tiene un efecto negativo en la alcalinidad. El resultado general siempre es negativo (consulte la tabla 2).

### Efectos de la capacidad ácida en la gestión del fango

La falta de capacidad ácida de una planta, puede además conllevar problemas relacionados con la gestión del fango. La pérdida de fango a menudo ocurre principalmente durante episodios hidráulicos, como fuertes precipitaciones o el deshielo de la nieve. Si, a continuación, observa el fango activado bajo el microscopio, se dará cuenta de que el fango está formado por muchos flóculos pequeños y ligeros. Estos flóculos son arrastrados incluso por una ligera turbulencia. Esta estructura desfavorable del fango se debe a la disolución de las partículas de carbonato de calcio del fango activado. Si no hay flóculos compactos, muy a menudo crecen organismos filamentosos y el comportamiento de sedimentación del fango activado se deteriora. Los nitrificantes, en particular, proliferan en este tipo de entorno. Pese a este problema, el índice volumétrico del fango suele ser bueno. A pesar de un buen índice volumétrico del fango, puede haber una perturbación en la floculación. En el caso de la pérdida de fango, esto a su vez conduce a una pérdida considerable de nitrificantes, lo que disminuye la edad del fango.

La nitrificación puede detenerse en combinación con una capacidad ácida insuficiente. Este efecto se puede prevenir con la dosificación de carbonato de calcio. La relación Ca/Na debe ser superior a 0,6. Según la DWA, debe garantizarse una capacidad ácida residual de 1,5 mmol/L en el efluente de la etapa biológica [1].

### Implantación de una estrategia de dosificación

Desde hace 10 años, AZV Breisgauer Bucht utiliza diversos productos de  $CaCO_3$  (también OMYA Optical) para controlar las concentraciones de alcalinidad en la etapa biológica. Para el operador, las características clave de dichos productos son una manipulación sencilla y segura, así como un comportamiento no crítico en caso de una posible sobredosis de  $CaCO_3$ . El producto se dosifica en forma de polvo en el influente de activación, tras la precipitación previa. Hasta ahora, la variable de control era el valor de pH en el efluente y el influente de activación.

El valor de pH se determina por la concentración de iones  $H^+$  en el agua. Si se prevé un empuje hidráulico, la aireación se intensifica en una fase temprana. Esto provoca un aumento de la redisolución de  $CO_2$  y sugiere un aumento del valor de pH. Si este proceso se controla a través del valor de pH, la cantidad de dosificación se reduce, aunque en este momento debería aumentar. Para evitar este efecto, debe utilizarse la alcalinidad como variable de control, dado que se trata del parámetro más independiente.

| Proceso                             | Cambio en la alcalinidad [mg/L] | Por mg/L                         |
|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Amonificación de nitrógeno orgánico | + 3,6                           | Hidrólisis de nitrógeno orgánico |
| Nitrificación                       | - 7,1                           | Oxidación de amoníaco-N          |
| Desnitrificación                    | + 3,6                           | Reducción de nitrato-N           |
| Eliminación de fósforo              | - 5,6                           | Adición de aluminio              |
| Eliminación de fósforo              | - 2,7                           | Adición de hierro                |

Tabla 2: Influencia de la capacidad ácida en el tratamiento de aguas residuales biológicas



Figura 2: Valorador en continuo EZ4004 de Hach

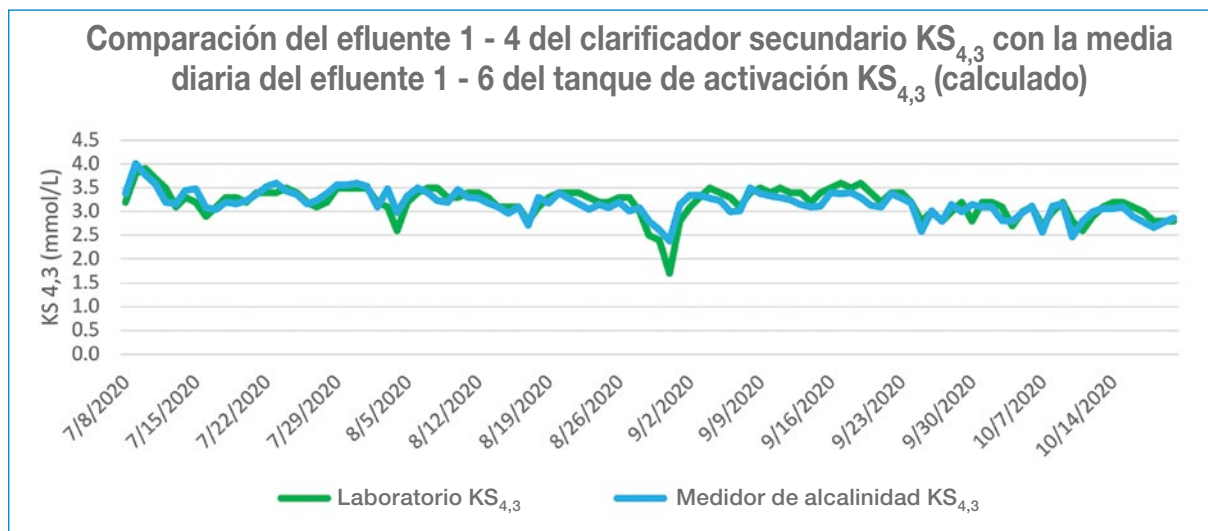


Figura 3: Mediciones comparativas de la muestra diaria compuesta del laboratorio con el analizador en continuo

### ¿Regulación o control?

Debido a los elevados volúmenes de activación y al tiempo de retardo asociado, el analizador de alcalinidad de la serie EZ se colocó inicialmente en el influente de activación. El valorador midió la alcalinidad de la muestra filtrada tras la precipitación previa. Además, el consumo de la alcalinidad en la biología se calculó con valores de NH<sub>4</sub>-N medidos de forma continua y NO<sub>3</sub>-N basados en las relaciones explicadas anteriormente; también se predijo el valor de alcalinidad esperado en el efluente.

La dosis de CaCO<sub>3</sub> se controló de acuerdo con el valor de alcalinidad calculado en el efluente. El control guiado por alcalinidad ya ha mejorado considerablemente la situación en comparación con el control mediante pH. Una vez que el proceso pudo mostrarse de manera estable, se intentó simplificar aún más para, de esta forma, aumentar la fiabilidad operativa. Para ello, se implementó el analizador en el efluente de activación. La estación de dosificación en el influente de activación tras la precipitación previa no ha sufrido cambios. Esto permitió implantar una regulación controlada por efluentes sin necesidad de realizar cálculos complejos. Tal como se mencionó al principio, esta fue la mejor manera de diseñar el proceso y, además, reducir el consumo de CaCO<sub>3</sub> en torno a un 30 %.

Los resultados de las mediciones se comprobaron de forma periódica mediante una valoración en el laboratorio de AZV Breisgauer Bucht (Figura 3).

### Resumen

En AZV Breisgauer Bucht, se dan una serie de factores que repercuten negativamente en la capacidad ácida. Por un lado, se trata de un agua muy blanda con una dureza <10 dH. Por otro lado, la relación C/N es bastante baja, lo que repercute negativamente en la desnitrificación, que a su vez tiene un efecto negativo en la capacidad ácida. Los grandes volúmenes de agua mezclada y los episodios hidráulicos cargan el sistema con mucha agua de lluvia y baja capacidad ácida. Debido a los valores de P<sub>total</sub> muy bajos del efluente, deben añadirse grandes cantidades de precipitante ácido. El único punto de acción estructuralmente posible para el carbonato de calcio es la estación de bombeo de fango activado de retorno. No es posible la dosificación directa en la nitrificación.

A pesar de esta situación inicial, al principio se definieron dos objetivos. Por un lado, la relación de Ca/Na debía ser superior a 0,6, lo que da lugar a flóculos más estables en la activación. Esto mejora la capacidad de sedimentación del fango activado. Además, se reduce el riesgo de formación de organismos filamentosos. Por otra parte, la capacidad ácida debe ajustarse a unos 2,5 mmol/L. Esto corresponde a unos 125 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Debido a los factores con efectos negativos anteriormente mencionados, se incrementó la recomendación de la DWA.

La figura 4 muestra un extracto del PLC de AZV Breisgauer Bucht. El influente de la planta de tratamiento de aguas residuales puede verse en color morado, la adición de carbonatos en azul claro y el valor medido del analizador de alcalinidad en verde. Puede apreciarse una clara correlación entre las precipitaciones y la disminución en la alcalinidad. A pesar de la dosis máxima de carbonato, la alcalinidad primero desciende a <2,0 mmol/L de CaCO<sub>3</sub>. El motivo es el tiempo de permanencia hidráulica entre el punto de medición y dosificación y el rendimiento limitado del dosificador. Sin embargo, esto resultó no ser crítico durante el funcionamiento.

En conclusión, puede decirse que al medir la concentración de alcalinidad en el efluente de la etapa biológica, la regulación de la capacidad ácida puede aplicarse eficazmente y con precisión, teniendo en cuenta el volumen de aguas residuales. En el caso de precipitaciones fuertes, se producen valores atípicos a corto plazo, pero, en general, la capacidad ácida podría establecerse de forma relativamente estable en 2,9 mmol/L. Además, la regulación de la capacidad ácida mediante la medición continua de la alcalinidad permitió un gran ahorro, con lo que se recuperan rápidamente los costes de adquisición.

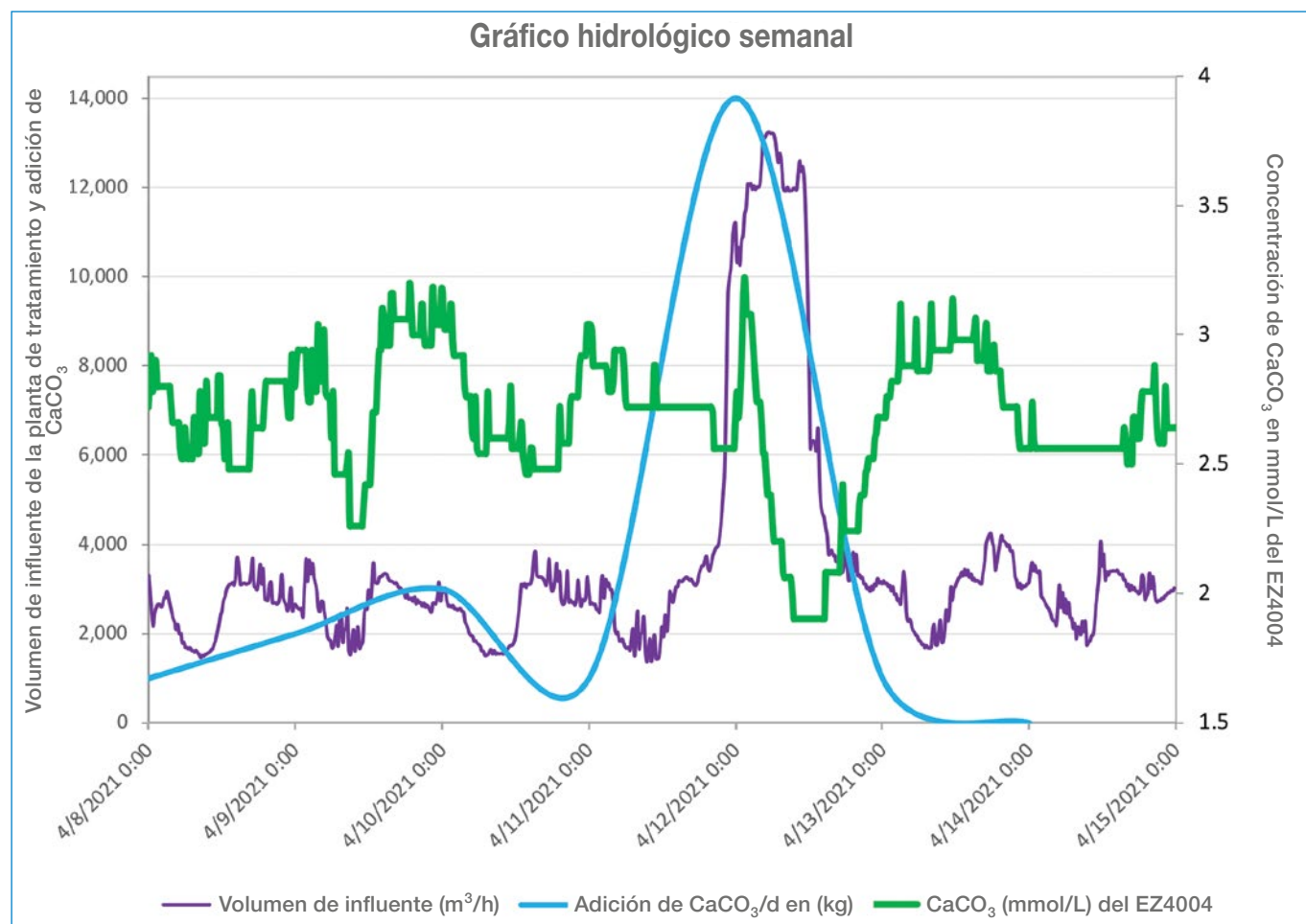


Figura 4: Representación de un episodio hidráulico, extracto del PLC de AZV Breisgauer Bucht

[1]. (Fuente: Página 67; [https://www.expoval.de/sites/default/files/download/T4-2016\\_Bemessung\\_von\\_Klaeranlagen\\_in\\_Klimazonen\\_Nov\\_2017.pdf](https://www.expoval.de/sites/default/files/download/T4-2016_Bemessung_von_Klaeranlagen_in_Klimazonen_Nov_2017.pdf))

### Sección sobre OMYA:

Omya International AG es un líder mundial en la producción de carbonato de calcio y la distribución de productos químicos especiales.

<https://wastewater.omya.com/>

Jan Stemann  
Application Manager Technical Services Water en Omya International AG  
Correo electrónico: Jan.Stemann@omya.com



### Acerca del cliente:

Abwasserzweckverband  
Breisgauer Bucht  
Zum Klärwerk  
79362 Forchheim, Alemania  
Christian Schweizer, MSc  
Técnico de aguas residuales  
Tratamiento de aguas residuales  
[schweizer.ch@azv-breisgau.de](mailto:schweizer.ch@azv-breisgau.de)  
[www.azv-breisgau.de](http://www.azv-breisgau.de)

