

Tratamiento de desagües industriales y descargas en plantas de tratamiento de aguas residuales

Manuel Krauss, Ralf Minke,
Peter Maurer
Universidad de Stuttgart, ISWA
Lima, 14.06.2018

Agenda

- Introducción y Objetivos
- Principios de tratamiento de aguas residuales industriales
- Ejemplos para optimizar el uso y el tratamiento en las empresa
- Requisitos para descargar aguas residuales industriales en PTARs
- Supervisión en Alemania
- LMPs y VMAs en Alemania
- Conclusiones y perspectivas



Introducción y Objetivos

- Déficit hídrico en Lima, aumento de la población y aumento del consumo de agua
 - Ejemplo: Cuenca del Rio Lurín:
 - Caudal Rio Lurín (Puente Manchay): 4 - 5 m³/s
 - Uso de aguas subterráneas: 1 – 1,5 m³/s
 - Efluente PTARs: 3 - 4 m³/s
- Gran potencial en reúso de aguas residuales y uso eficiente del agua
- Objetivo del taller: Que necesitamos hacer para explotar este potencial?
 - Objetivo de la presentación: La interacción del sector industrial y de las EPSs – experiencias de Alemania



Rio Neckar, cerca de Stuttgart/Alemania, 1960

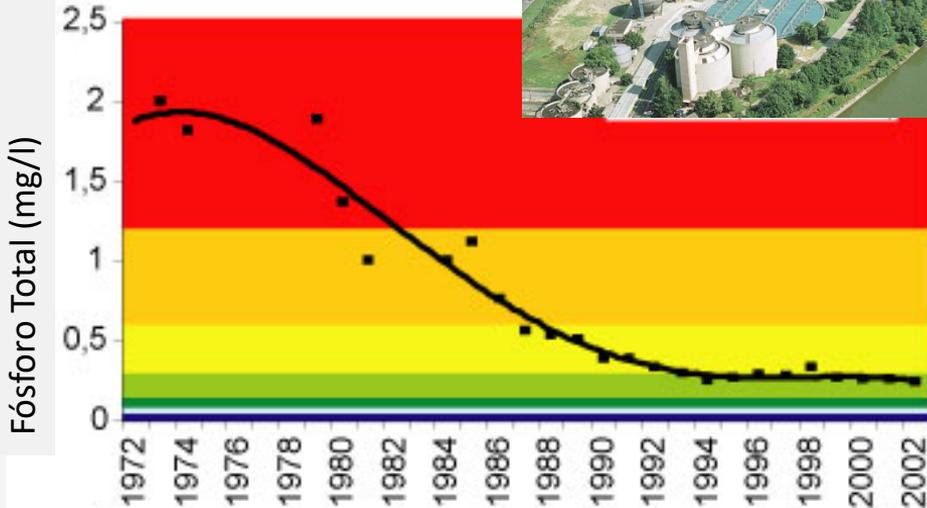
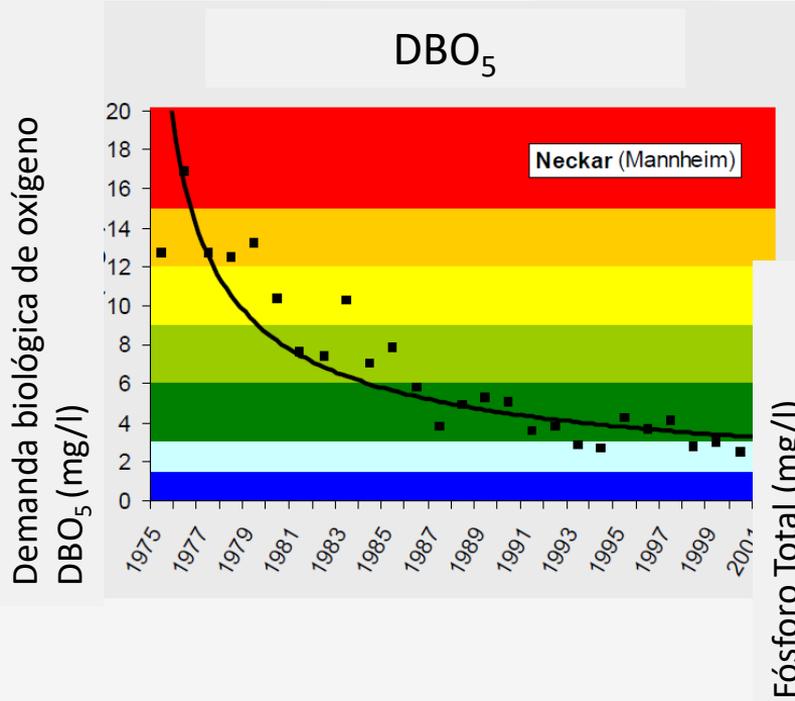
- Montañas de espuma
- Peces muertos



- Fundación del Instituto ISWA en los años 1960 para investigar y educar soluciones técnicas
- PTAR de investigación y educación
- PTAR para aguas residuales domésticas de 1 distrito y aguas industriales de la universidad



Los cambios ambientales y ecológicos en el Rio Neckar



El papel especial del sector industrial

- Plantas de tratamiento de aguas residuales comunales
 - Caudal: constante durante el año, varía durante el día
 - Calidad: heces humanas, biodegradables, calidad constante
 - Aguas residuales de la industria
 - Caudal: depende del tipo de industria, del tipo de fabricación, del tipo de proceso, ...
 - Calidad: depende del tipo de industria, del tipo de fabricación, del tipo de proceso, ...
 - Calidad: biodegradable o tóxico
- Puede cambiar durante el día, la semana, el mes, el año, ...

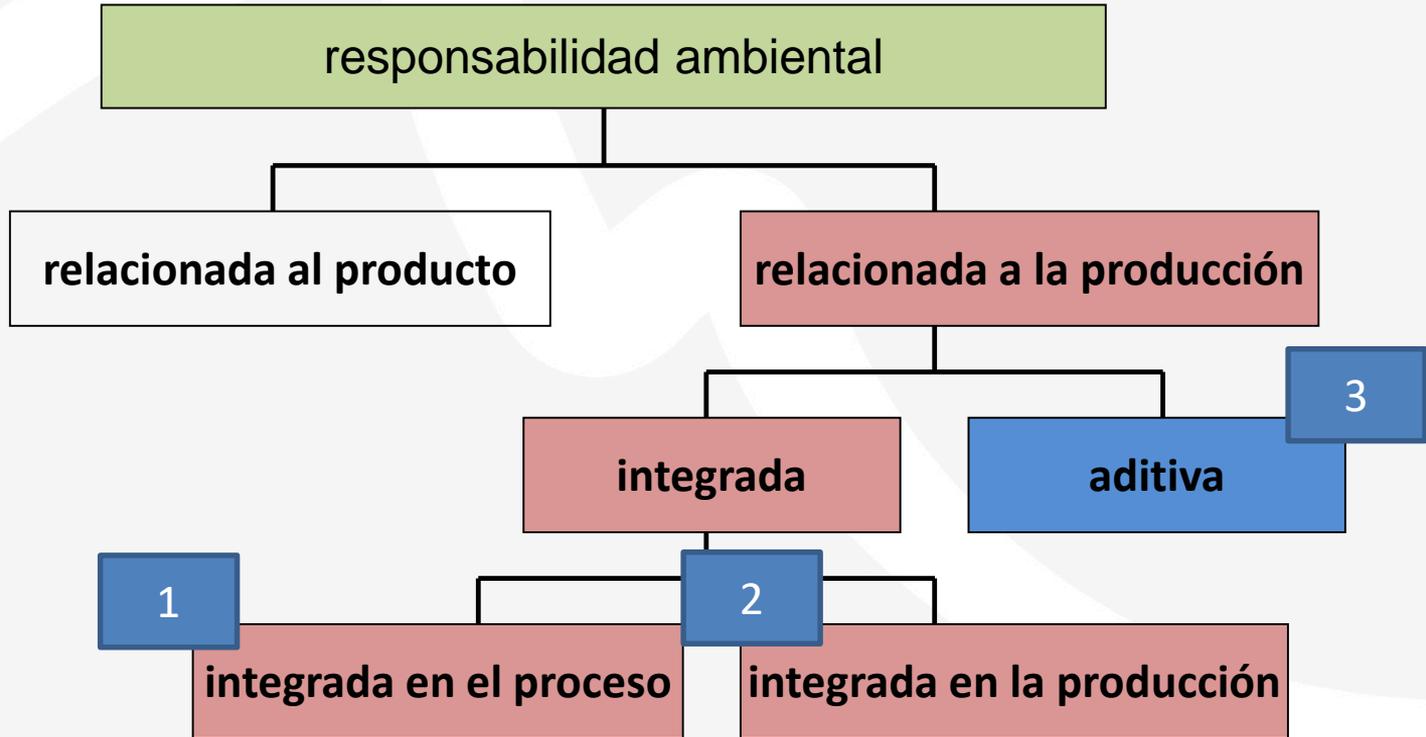


Objetivos para la protección del medio ambiente – Administración de aguas residuales industriales

Gestión ambiental

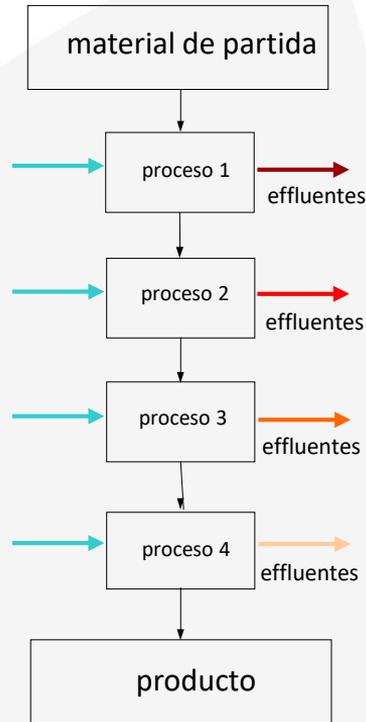
- 1.^a Prioridad: Medidas integradas en el proceso
Ajustes o modificaciones del proceso para prevenir y reducir la cantidad y la contaminación de las aguas residuales
- 2.^a Prioridad: Medidas integradas en la producción
Reúso y circulación de aguas residuales no evitables (agua de proceso, agua de lavado y agua de enjuague)
- 3.^a Prioridad: Medidas aditivas
Tratamiento in-situ antes del vertido indirecto o el tratamiento para la circulación
- 4.^a Prioridad: Tratamiento central de aguas residuales en la PTAR municipal

Objetivos para la protección del medio ambiente

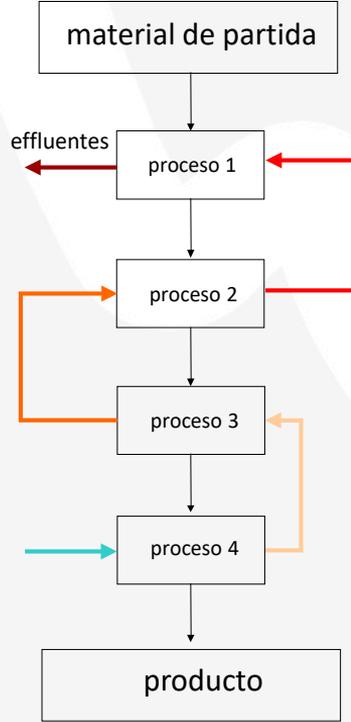


Uso eficiente del agua en la industria de textil

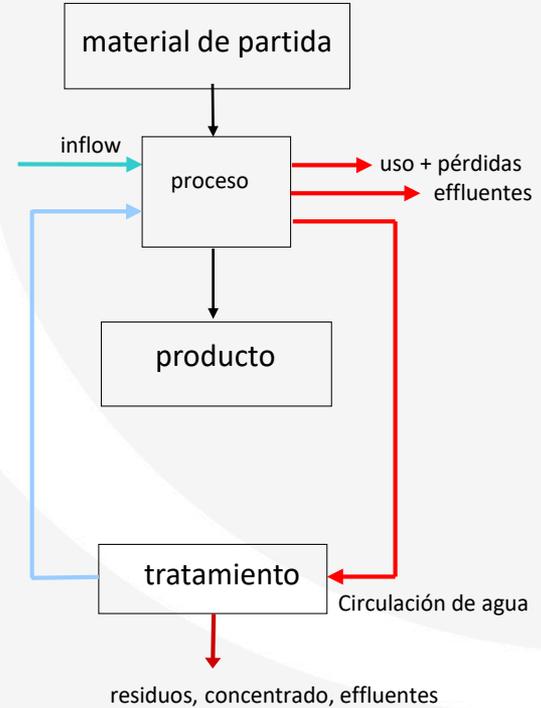
Integrado en el proceso



Integrado en la producción



Circulación del agua de proceso

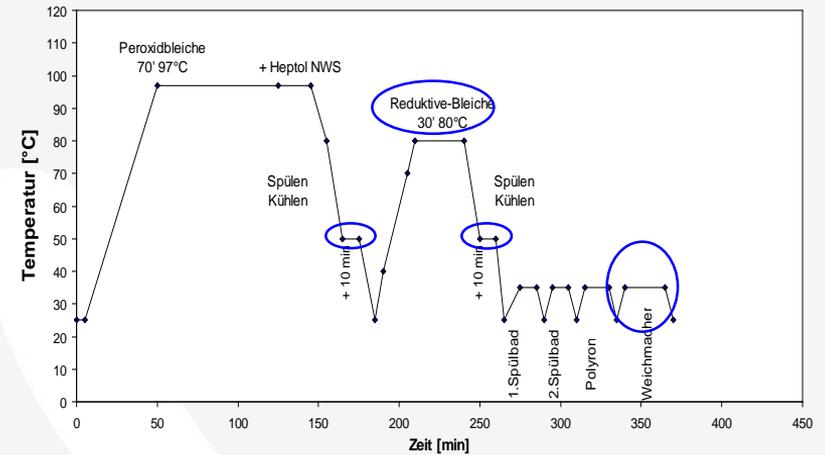
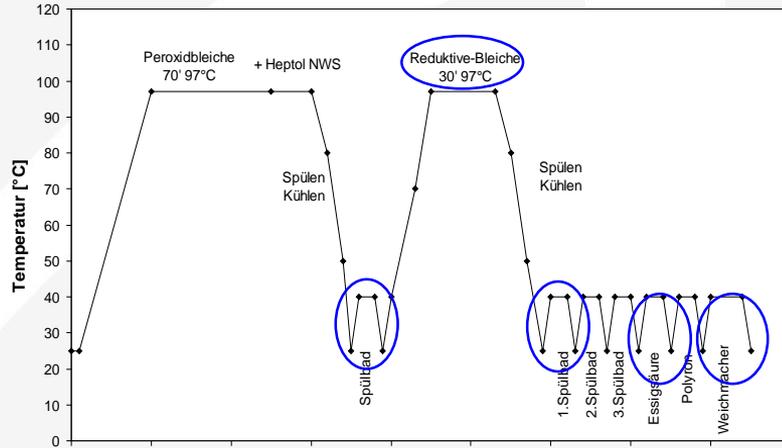


Ej. Industria de Textil: Medidas concebibles para la integración en el proceso

- Desarrollo de las máquinas
- Aplicación del método de limpieza en seco
- Optimización de los procesos de lavado y enjuague
- Optimización de los procesos de acabado
- Substitución de
 - Colorantes con poca eficiencia
 - Auxiliares de textil con baja degradabilidad
 - Auxiliares de textil con alto contenido de AOX (como compuestos orgánicos halogenados) y sulfuros
 - Colorantes con alto contenido de AOX, metales pesado o sulfuros
 - etc.
- optimización de las fórmulas



Ej.: Optimización de un proceso de blanqueo



Resultado:

Agua: -25 %

Energía: -20 %

Tiempo: -15 %

Demanda DBO: -18 %

Ej.: Influencia de la concentración de colorante

(FV = relación 1 t Textil teñido : 10 / 20 m³ agua)

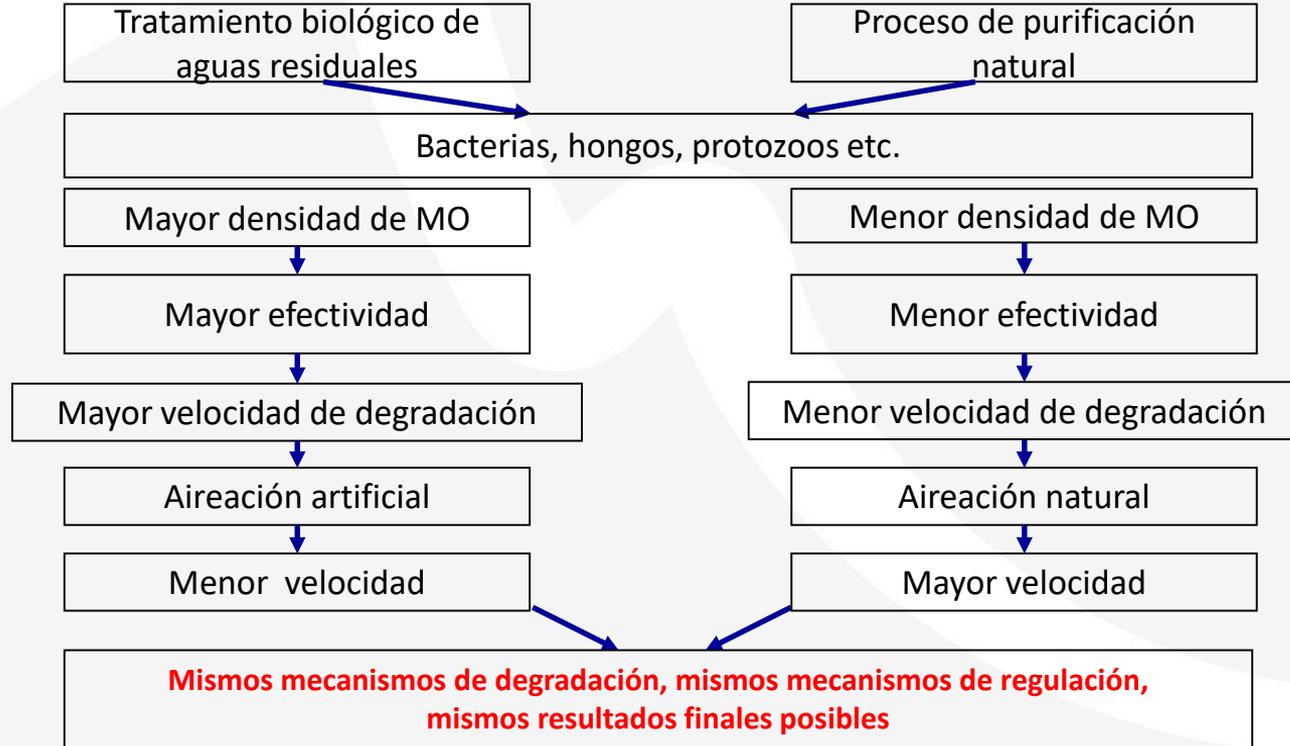
Color	FV = 1 : 20	FV = 1 : 10	Colorante en el agua residual (rel. a FV = 1:20)
Amarillo brillante E-GA	71 %	75 %	-19 %
Amarrilo dorado E-G	63 %	70 %	-27 %
Rojo brillante E-4BA	72 %	78 %	-28 %
Rojo brillante E-6BA	73 %	78 %	-24 %
Rojo brillante E-RN	56 %	64 %	-28 %
Azul brillante E-FR	82 %	90 %	-49 %
Azul marino E-BNA	84 %	92 %	-55 %
Negro E-B	71 %	81 %	-43 %

Ahorro de productos químicos
→ Reducción de costos

¿Por qué es necesario que las industrias opten por medidas integradas en el proceso?

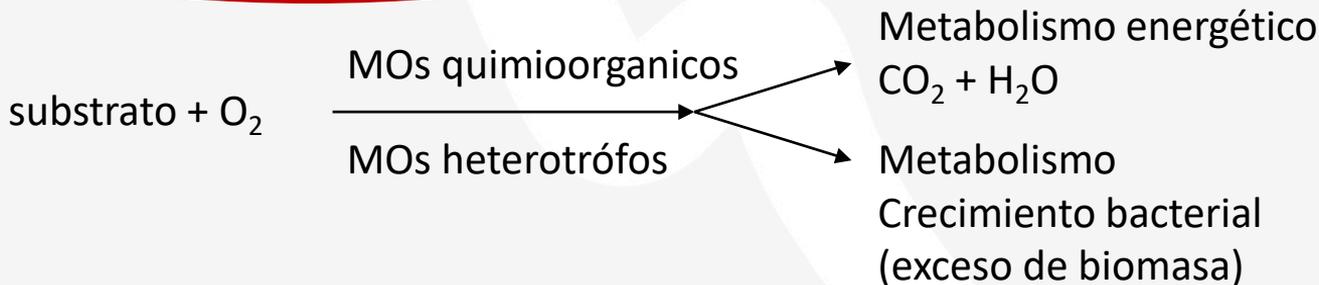
- Porque ofrecen realmente la oportunidad de aumentar la economía en las industrias!
- Porque se pueden reducir los gastos/costos para el tratamiento / la recuperación del agua al reducir primero las emisiones
- Porque tiene un efecto positivo para el tratamiento posterior, tal como para el funcionamiento de las plantas de tratamiento biológico de aguas residuales





Bacterias en PTARs:

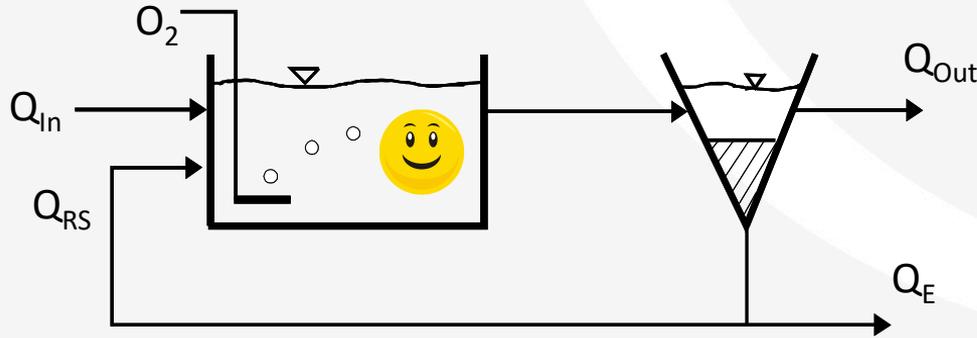
- **Microorganismos heterotróficos:** compuestos de carbono orgánico



- *Nitrosomonas:*
- *Nitrobacter:*



- pH 6 – 9
- Temperatura 4 – 30 °C
- Concentración adecuada 100 – 2,000 DBO₅ mg/l
- Condiciones estables: concentración de O₂, salinidad, etc.
- sin choques en la carga y en las condiciones: sustancias tóxicas



Todas las condiciones fuera del rango óptimo:

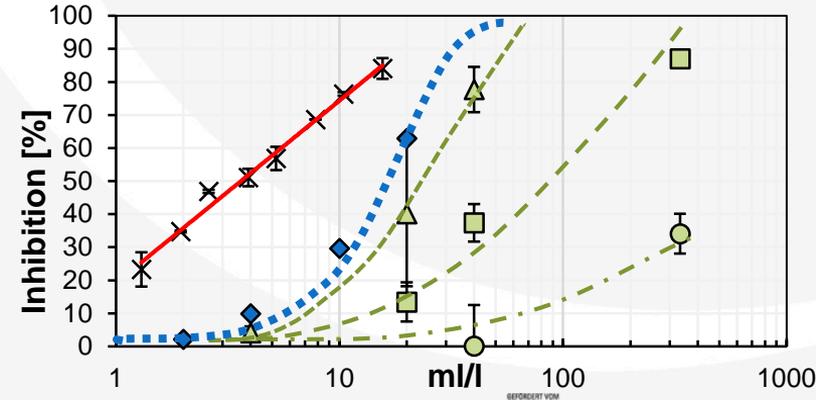
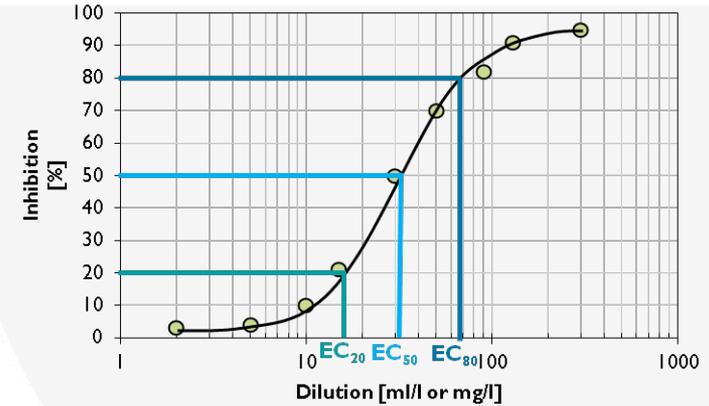
- pH < 6 ó > 9
- Temperatura < 4 ó > 30 °C
- Concentración de DOB₅ < 100 ó > 2,000 DOB₅ mg/l
- Condiciones inestables: concentración de O₂, salinidad, etc.
- choques en la carga contaminante y en las condiciones
- Sustancias tóxicas: tóxicos orgánicos (¡pesticidas!), metales pesados (Zn, Cr, Cu...)
 - Conducen a una disminución de la actividad de los MO → Inhibición
 - Peor caso: MO mueren → Toxicidad



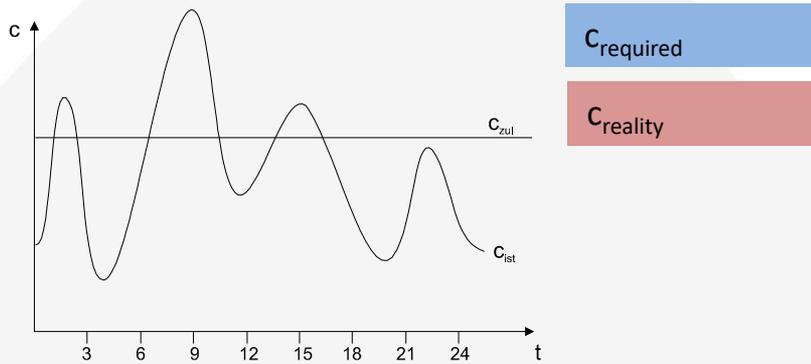
Principio básico:

pruebas de inhibición y toxicidad utilizando bacterias

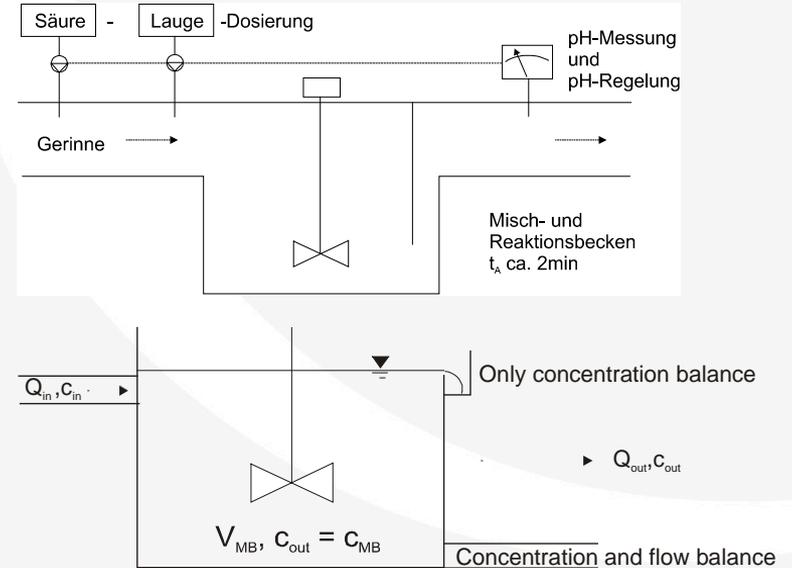
- *Nitrosomonas*: $\text{NH}_4^+ + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 2 \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$
- *Nitrobacter*: $\text{NO}_2^- + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$
- Microorganismos heterotróficos: compuestos orgánicos de carbono (DQO / DBO / TOC)
- Bacteria luminiscente: *Vibrio fischeri*
- Nitrification inhibition test (ISO 9509)
- Respiration inhibition test (ISO 8192)
- Luminescent bacteria test (ISO 11348)



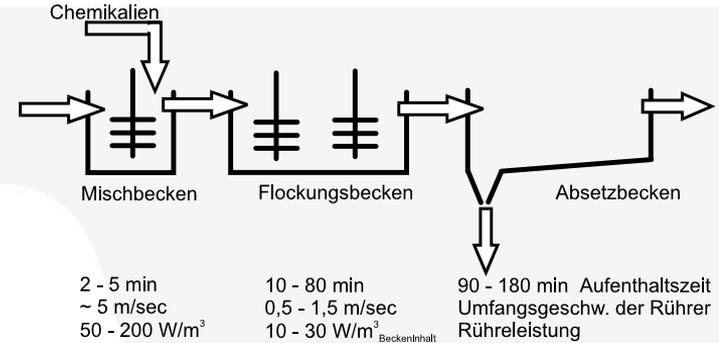
- Evitar choques: igualar las condiciones fluctuantes
- Problemas: fuertes fluctuaciones en la concentración → balance de concentración
- Fluctuación del pH → Neutralización



- Requisito: tanque completamente mezclado



- Eliminación de sustancias tóxicas
 - Metales pesados tóxicos
 - Precipitación como en hidróxidos de metales -carbonatos o -sulfuros (Hg, Cd)
 - Compuestos orgánicos tóxicos
 - La solución no es simple debido a la complejidad de los compuestos orgánicos



Tecnologías de eliminación:

- Precipitación / Floculación
- Adsorción de carbón activado (PAC, GAC)
- Filtración de membrana

Tecnologías de oxidación:

- Procesos avanzados de oxidación (AOP): O₃, H₂O₂ / UV, Reacción de Fenton

¡En muchos casos, es necesaria una combinación de tecnologías!

Aguas residuales que contienen pesticidas

- Filtración de membrana
- Precipitación/Floculación
- Carbón activado en polvo
- Proceso de oxidación avanzada (H_2O_2 / UV)
- Combinación de métodos (PAC / H_2O_2)

Muestra

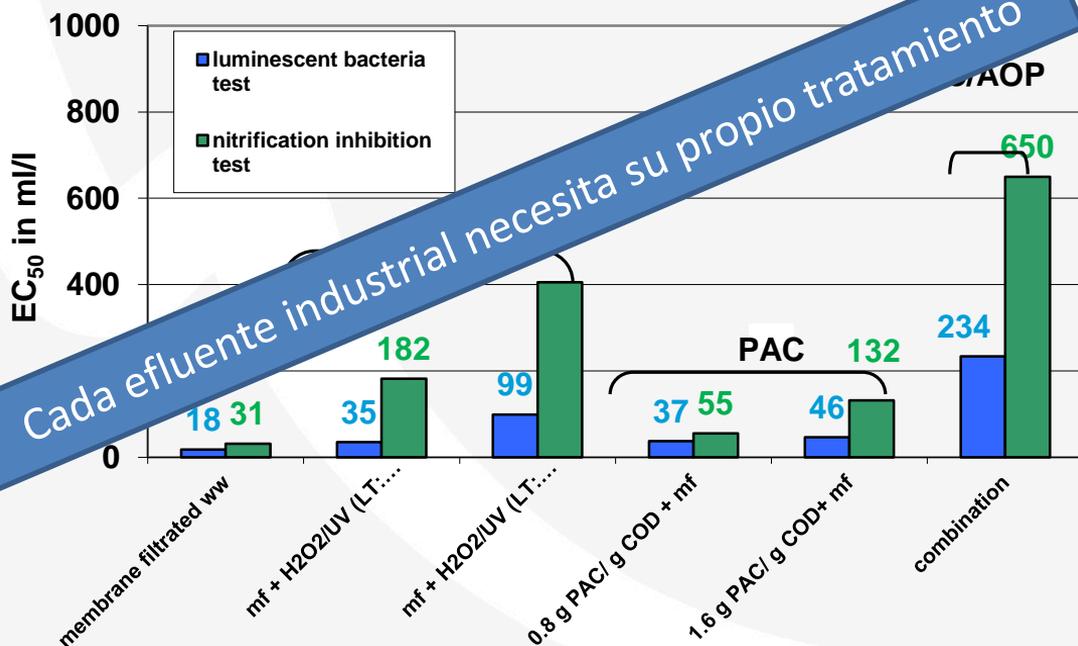
2.5 g/l COD

pH 6.5

227 mg/l N_{tot} , 235 mg/l P_{tot}

0.59 g/l DOC, 0.66 g/l TOC

59 mg/l AOX, 0.36 g/l TSS



- Supervisión oficial (autoridad local del agua → responsable de los ríos y las PTARs)
 - Supervisión a intervalos irregulares (sin advertencia, 2 a 6 inspecciones por año)
 - Cumplimiento de la Ley del agua (valores de control de agua y descarga)
 - Aspectos y requisitos mínimos y máximos de calidad del agua
- Autocontrol de la empresa / Obligación de un autocontrol
 - Descripción general del estado operativo y el rendimiento de la PTAR
 - Reconocer cambios a mediano y largo plazo
 - Motivación del personal operativo
 - Apoyo en el monitoreo / vigilancia

- La ley general se llama “Wasserhaushaltsgesetz”
= ley federal del agua
- Ley federal del agua §57 requisitos para la descarga de aguas residuales: tratamiento según la última tecnología
→ anexos de la ley federal del agua
- 57 anexos sobre “LMPs” para diferentes sectores de la industria
 - 1.) aguas residuales municipales
 - 6.) producción de refrescos
 - 22.) industria química
 - 38.) industria textil
 - 50.) dentistas
- Leyes comunales para VMAs en las PTARes comunales /municipales



Conclusiones I

- El establecimiento de una gestión de aguas residuales requiere la participación de diferentes actores
- La solución de problemas de gestión de aguas residuales es un proceso a largo plazo
- Las medidas integradas al proceso son necesarias y también pueden ser beneficiosas desde el punto de vista financiero.
- Es importante y necesario proteger a las PTARs biológicas de sustancias tóxicas o choques inhibitorios



Conclusiones II

- Diferentes métodos para medir la toxicidad y diferentes muestras de la misma empresa pueden mostrar diferentes resultados
→ Problema complejo
- Solución: Las sustancias tóxicas o las choques inhibidores deben minimizarse cerca del fuente → tratamiento in-situ en la empresa antes de su descarga en la PTAR
- Optimizar el consumo de agua y de productos químicos empleados en la industria a nivel de proceso y de producción
- Diferentes tecnologías están disponibles, pero deben ser adaptadas y optimizadas para la situación concreta de la empresa



Perspectivas

- Visión conjunta del medio ambiente saludable y la responsabilidad social y económica
 - Tratamiento in-situ de aguas residuales en industrias
 - PTARs razonablemente planificadas y operadas
 - Implementación del marco legal considerando periodos de adaptación para el sector industrial que permitan una acompañamiento del ente fiscalizador.
 - Financiamiento sostenible de las PTARs y tarifas accesibles son necesarias
- La calidad de efluentes de las PTAR alcanza calidades que permiten reúso, tales como la infiltración en aguas subterráneas o el riego
- Playas y ríos saludables para los humanos y el medio ambiente





Manuel Krauss

email manuel.krauss@iswa.uni-stuttgart.de
Tel. +51 989 88 00 29; +49 711 685-63700
Fax +49 711 685-53700

Universität Stuttgart

Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft - ISWA
Bandtäle 2, 70569 Stuttgart

¡Muchas gracias!



Esslingen am Neckar