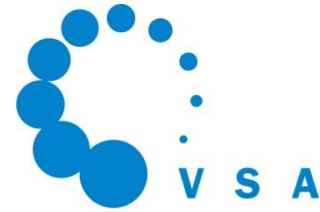


Verband Schweizer  
Abwasser- und  
Gewässerschutz-  
fachleute

Association suisse  
des professionnels  
de la protection  
des eaux

Associazione svizzera  
dei professionisti  
della protezione  
delle acque

Swiss Water  
Association



# **Elimination von Mikro- verunreinigungen auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl Für Gemeindevertreter und andere Entscheidungsträger**



Michael Rindlisbacher, ARA Thunersee

Februar 2018, VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen»

# Zweck dieser Präsentation



Diese Präsentation richtet sich an Gemeindevertreter und andere Entscheidungsträger im Bereich Abwasserreinigung.

Die Präsentation ist zum vertieften Verständnis und zum Weiterverwenden gedacht.

Bei Fragen oder Anmerkungen zur Präsentation steht die VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroversäure» gern zur Verfügung: [Kontakt](#)

- Ziele
- Abkürzungsverzeichnis
- Hintergrund:
  - Was sind Mikroverunreinigungen und warum sind sie schädlich?
  - Wie gelangen sie in unsere Gewässer?
- Gesetzliche Vorgaben zum ARA-Ausbau (u.a. Welche ARA sind betroffen?)
- Optimaler Projektablauf und Informationsquellen
- Verfahrenstechnik
- Kosten
- Verfahrenswahl - Ozon oder Aktivkohle?
- Auswirkungen im Gewässer

- Sie wissen, was Mikroverunreinigungen (MV) sind und warum wir sie nicht in unseren Gewässern haben wollen
- Sie kennen die gesetzlichen Vorgaben zum Ausbau der ARA mit einer MV-Stufe
- Sie wissen, wo Sie sich die notwendigen Informationen beschaffen können, wenn die ARA in Ihrer Gemeinde vom Ausbau betroffen ist

Wichtige Informationsquellen sind mit einem blauen Kasten gekennzeichnet

- Sie kennen die relevanten Fragen im Zusammenhang mit der Wahl des Verfahrens und können gut vorbereitet mit Ingenieuren, dem Kanton und anderen Akteuren diskutieren

# Abkürzungsverzeichnis 1



Abkürzung	Erklärung
ARA	Abwasserreinigungsanlage
DOC	Gelöste organische Stoffe
E	An die Kläranlage angeschlossene Einwohnerinnen und Einwohner
EW	Einwohnerwert, Summe der an eine Kläranlage angeschlossenen Einwohner und in Einwohneräquivalent umgerechnete Belastungen aus Industrie und Gewerbe
GAK	Granulierte Aktivkohle
GUS	Gesamte ungelöste Stoffe, Feststoffe
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
MV	Mikroverunreinigungen
MV-Stufe	Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen

# Abkürzungsverzeichnis 2

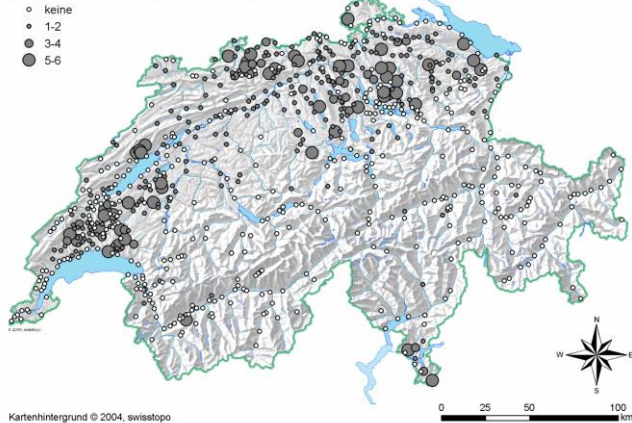


Abkürzung	Erklärung
NDMA	N-Nitrosodimethylamin, mögliches Oxidationsnebenprodukt der Ozonung
OH-Radikal	Hydroxyl-Radikal, entsteht bei der Reaktion von Ozon im Abwasser, ist sehr reaktiv
$Q_{\max, MV}$	Maximale Abwassermenge, die in der MV-Stufe behandelt werden kann
PAK	Pulveraktivkohle

# Defizite in der Gewässerqualität

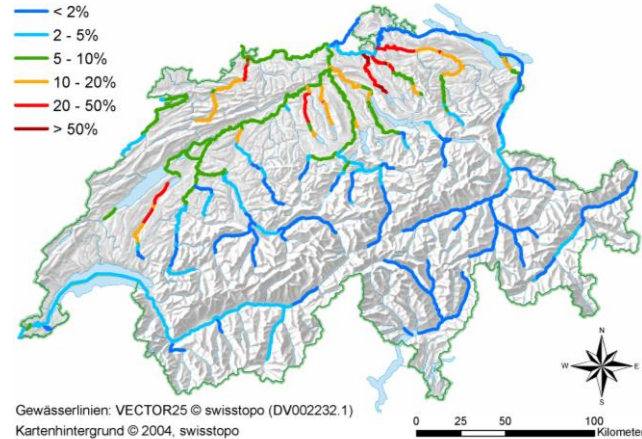
## Ökosystem beeinträchtigt

Anzahl Überschreitungen von Qualitätskriterien unterhalb ARA



## Trinkwasserressourcen belastet

Anteil gereinigtes Abwasser in grossen und mittleren Fließgewässern



## Bevölkerungsdichte



Druck auf die Gewässer nimmt zu:

- ▶ Zunahme Bevölkerung
- ▶ Zunehmende „Chemisierung“ des Alltags, Mikroverunreinigungen landen in den Gewässern

# Was sind Mikroverunreinigungen (MV)?



- Arzneimittel
- Kosmetika
- Reinigungsmittel
- Flammschutzmittel
- Pestizide
- ...

- ca. 30'000 Stoffe in Gebrauch in der Schweiz
- Werden wegen ihrer biologischen Wirkung eingesetzt
- Aber sie wirken auch in der Umwelt weiter: sie können bereits in tiefen Konzentrationen schädliche Wirkungen haben

# Wie gelangen MV in unsere Gewässer?



Abwasserreinigungsanlagen (ARA) sind ein wichtiger Eintragungspfad von MV in unsere Gewässer

Abegglen und Siegrist (2012): MV aus kommunalem Abwasser, Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen  
EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

# Gesetzliche Vorgaben zum Ausbau der ARA



- MV werden auf heutigen ARA nur ungenügend abgebaut
- Deshalb werden in den nächsten 25 Jahren gezielt ausgewählte ARA eine neue Reinigungsstufe zur Elimination bauen
- Entsprechende Änderung Gewässerschutzgesetz und -Verordnung seit 1.1.2016 in Kraft
- Angestrebter Reinigungseffekt >80% (Messung anhand von 12 Leitsubstanzen)
- 70% des kommunalen Abwassers wird zukünftig behandelt

<b>Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG)</b>	<b>814.20</b>
--	---------------

vom 24. Januar 1991 (Stand am 1. Januar 2016)

<b>Gewässerschutzverordnung (GSchV)</b>	<b>814.201</b>
---	----------------

vom 28. Oktober 1998 (Stand am 2. Februar 2016)

# Welche ARA bauen aus? 3 Ziele

## → dort wo der Nutzen am grössten ist

### Schutz der aquatischen Ökosysteme

- ARA > 8'000 E. in Fliessgewässerabschnitten mit einem hohen Abwasseranteil (>10%)

Kantonale  
Einzugs-  
gebiets-  
Planung



### Schutz der Trinkwasserressourcen

- ARA > 24'000 E. in See - Einzugsgebieten
- ARA > 8'000 E. in Karstgebieten

Prozentanteil gereinigtes Abwasser an der Abflussmenge Q347



### Oberliegerverantwortung / Frachtreduktion

- ARA > 80'000 E.



Muss die ARA in unserer Gemeinde ausbauen? → Kanton fragen

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

# Finanzierung der Massnahmen



## Kosten:

- Investitionskosten: 1.2 Mrd. CHF
- Zusätzliche Kapital- und Betriebskosten: Ca. 17 CHF/Einwohner pro Jahr
- Kostensteigerung der Abwasserreinigung um 10-15% (national)

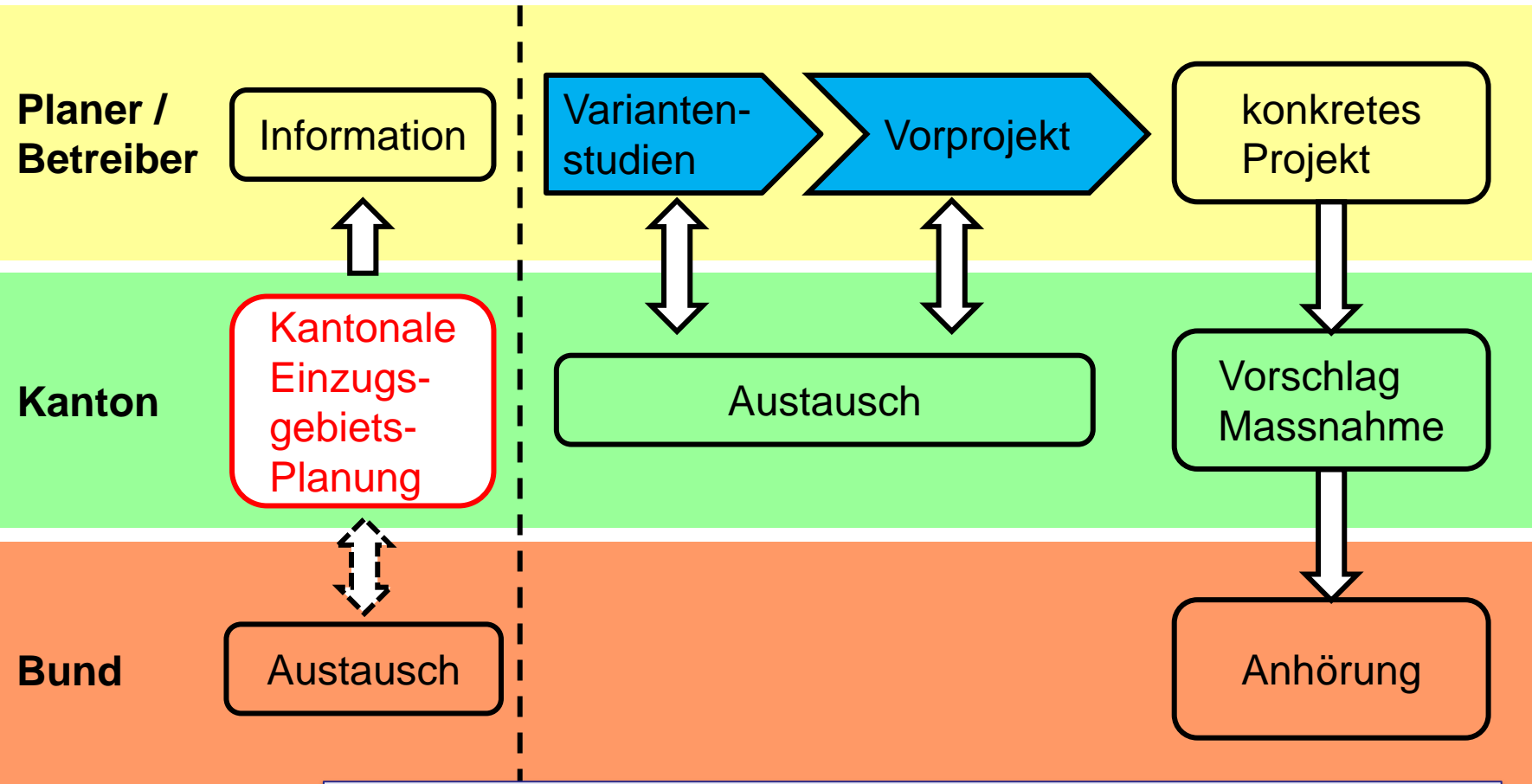
## Finanzierung:

- Der Bund erhebt eine Abwasserabgabe bei den zentralen ARA
- 9 CHF/Einwohner und Jahr fliessen in einen Fonds
- Abgeltung 75% der Erstinvestitionskosten von MV-Stufen bei betroffenen ARA (zusätzliche Reinigungsstufen oder Kanalisationen zur Minderung des Eintrags von Spurenstoffen)

VSA/OKI-Empfehlung «Weiterverrechnung der Abwasserabgabe», [Link](#)

Da die ARA nach dem Ausbau höhere Betriebskosten zu tragen haben, werden sie von der Abgabe befreit.

# Vorgehen zum Erhalt von Abgeltungen - Anhörung

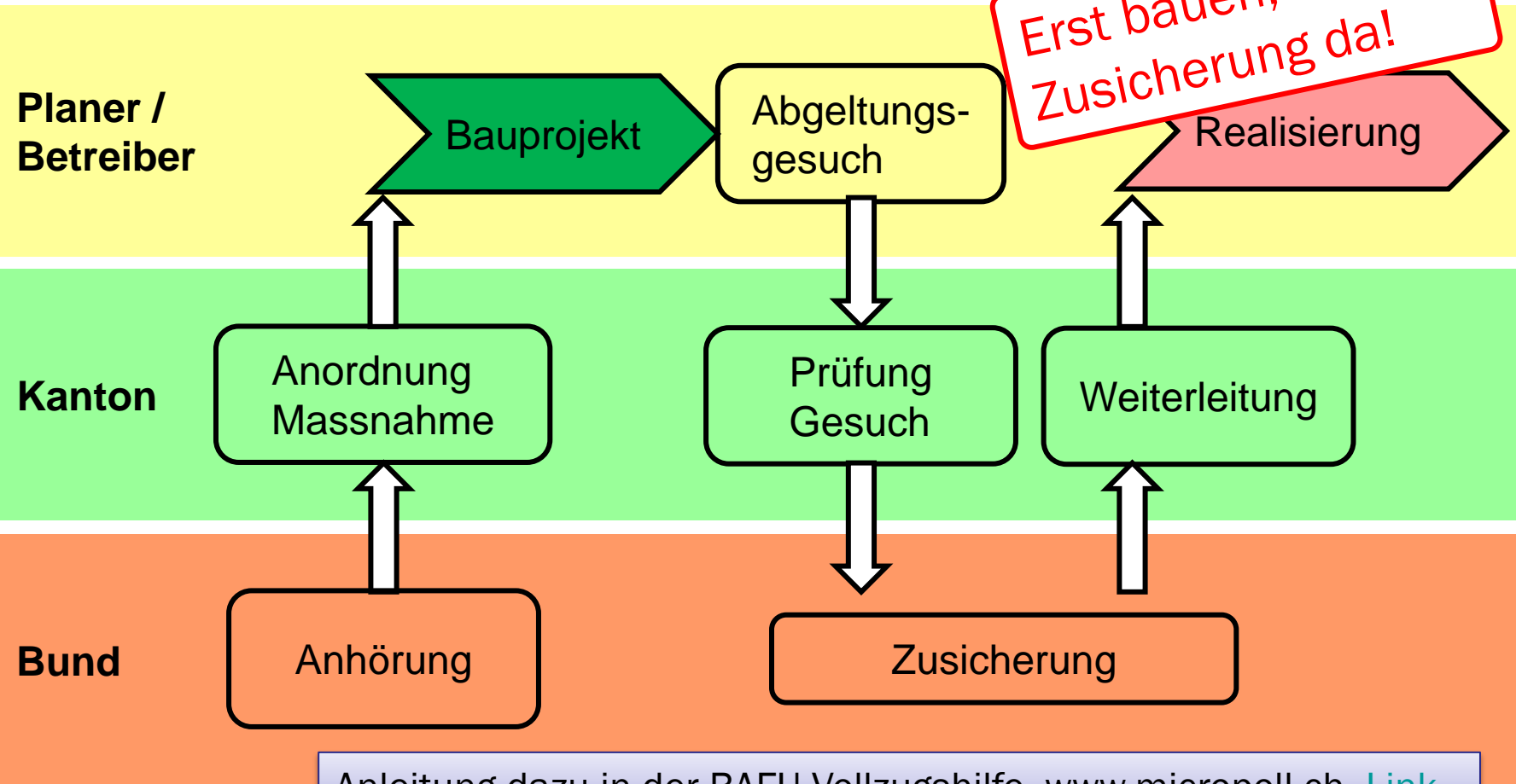


Anleitung dazu in der BAFU-Vollzugshilfe, [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch), [Link](#)



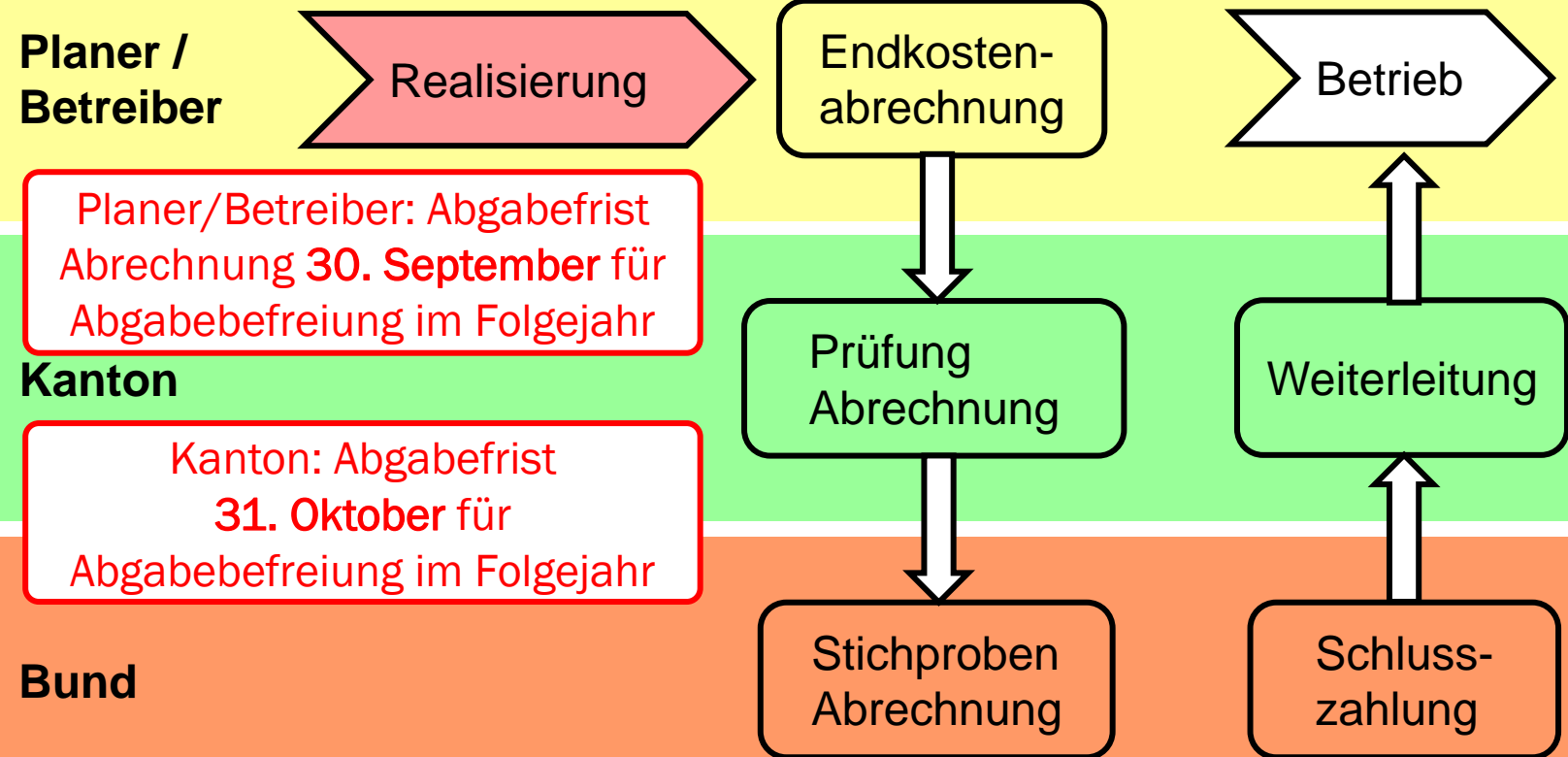
# Vorgehen zum Erhalt von Abgeltungen - Zusicherung

**Erst bauen, wenn  
Zusicherung da!**



Anleitung dazu in der BAFU-Vollzugshilfe, [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch), [Link](#)

# Vorgehen zum Erhalt von Abgeltungen – Auszahlung



Anleitung dazu in der BAFU-Vollzugshilfe, [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch), [Link](#)

# Optimaler Projektablauf



## Ausbau-Zeitpunkt

- koordinieren mit anderen anstehenden Ausbauprojekten
- Kostenüberlegung Befreiung von der Abgabe / zusätzliche Betriebs- und Kapitalkosten
- Der Kanton legt in der Regel den spätesten Zeitpunkt fest

## Projektmanagement:

- Genügend Zeit einrechnen, Projekt dauert mehrere Jahre
- Klare Strukturen und Entscheidungskompetenzen im Projekt
- Genügend Reserven einplanen im Kostenvoranschlag, da es sich um neue Verfahren handelt
- Genügend personelle Ressourcen einplanen, speziell für Inbetriebnahme und erstes Betriebsjahr
- Proaktive Kommunikation

# Optimaler Projektablauf – Woher bekomme ich welche Informationen?



**Kanton:** begleitet das Projekt von Anfang an, Ablauf Projekt zusammen besprechen, ist die Verbindung zum Bund (Abgeltungen)

**Planer:** erstellen Variantenstudien, Vor- und Bauprojekte, führen die Realisierung der Arbeiten durch und nehmen die MV-Stufe in Betrieb (sind meist auch bei der Optimierungs-Phase im erstem Betriebsjahr dabei)

**Aussenstehende Experten:** neutrale verfahrenstechnische Beratung, Anfragen per Mail/telefonisch oder Teilnahme an Sitzungen bei Bedarf

- VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen»
- Eawag, Abteilung Verfahrenstechnik
- International: [Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg](#) (spezialisiert auf Pulveraktivkohle), [Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe Nordrhein-Westfalen](#)

# Optimaler Projektablauf – Wer ist die Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen»?



- Eine kompetente und unabhängige Anlaufstelle für technische Fragen zur Elimination von MV auf Kläranlagen
- 3 Plattform-Mitarbeiter (180 Stellenprozent), geleitet von C. Abegglen (Leiter CC-ARA VSA), Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren
- Eine Kooperation zwischen
  - dem VSA (Arbeitgeber, Strategie Netzwerk)
  - dem Bundesamt für Umwelt (Finanzierung, Strategie)
  - und der Eawag (Arbeitsort, fachlicher Austausch)

## Ziele

- Fachkompetenzen erarbeiten (Dokumente unter [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch))
- Erfahrungsaustausch fördern
- offene Fragen bearbeiten

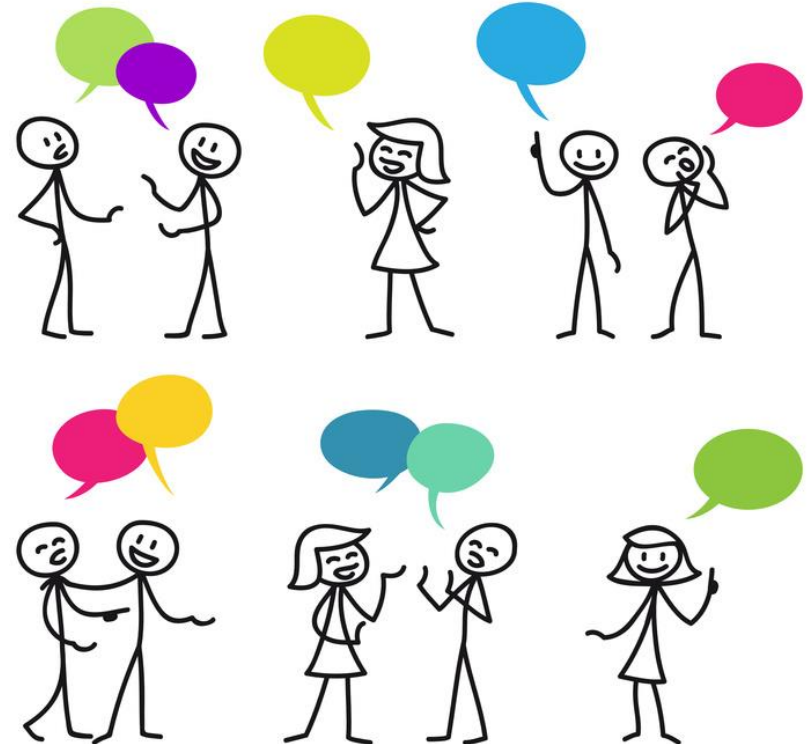
# Optimaler Projektablauf – Informationen für ARA-Betreiber



VSA-Klärwärter-Ausbildung:  
Modul «Mikroverunreinigungen»  
(Ausbildungsstufe A7)

Erfahrungsaustausch-Gruppen  
für Betreiber geplant:

1. Treffen 14. Juni 2018  
(organisiert durch VSA-Plattform,  
bei Interesse E-Mail an  
info@micropoll.ch)



<http://www.ines-werner.de/erfahrungsaustausch/>

## Ozon oder Aktivkohle

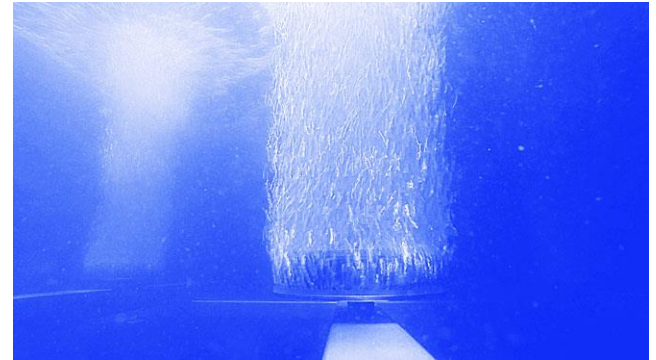
- Mit beiden Verfahren kann man das Reinigungsziel von 80% Elimination der MV erreichen, es wird somit eine grosse Bandbreite an MV eliminiert
- Beide Verfahren sind bereits gut etabliert und es gibt diverse Anlagen in Betrieb
- Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile
- es wird keines bevorzugt

Erklärungen zur Verfahrenstechnik: [Link](#)

Welche ARA hat bereits welches

Verfahren gewählt? ARA-Karte: [Link](#)

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

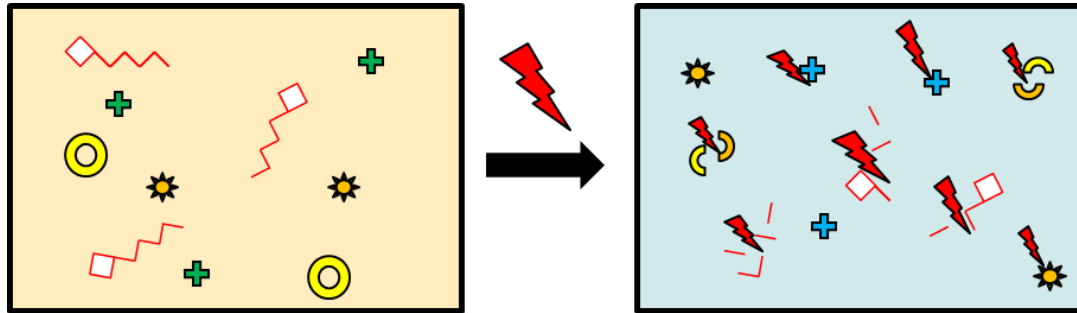


Ozondiffusoren, <http://www.neugut.ch/index.php/21/Homet>



Aktivkohle, <http://www.aks-heimann.de/aktivkohle>

# Verfahrenstechnik – Ozonung



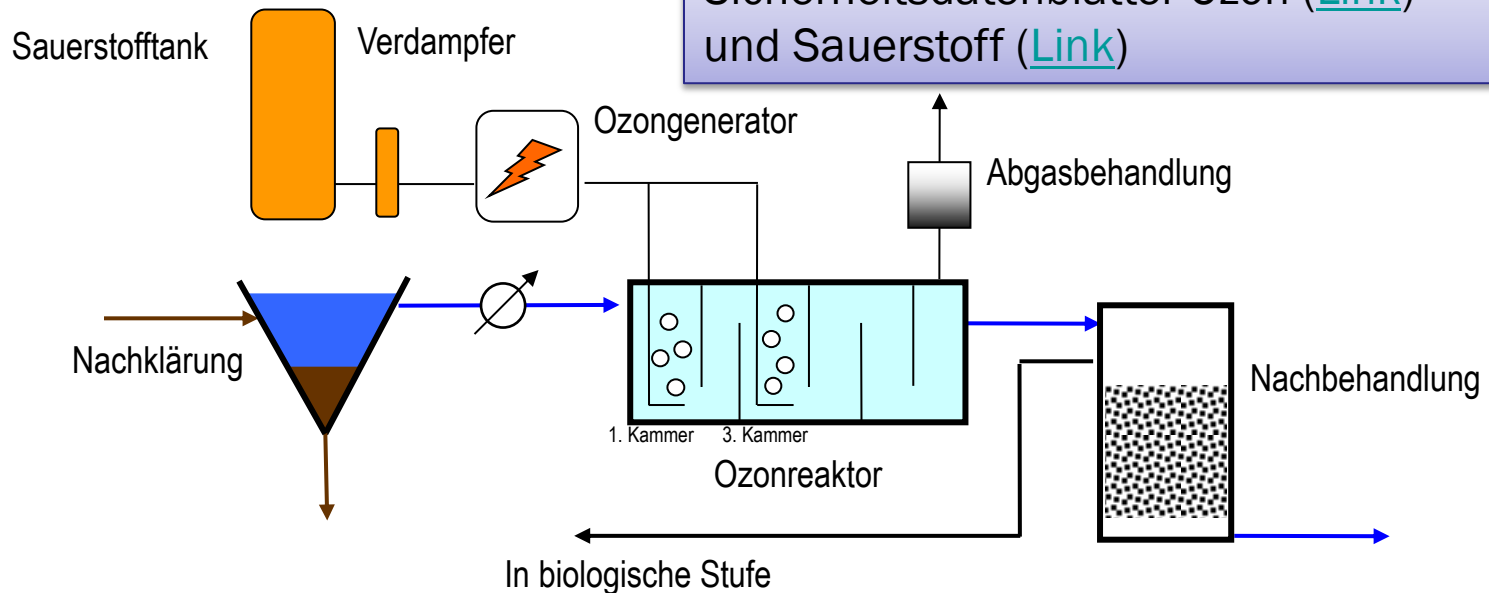
- Die Spurenstoffe werden durch Ozon und OH-Radikale zerstört
- Es bleiben Bruchteile der Spurenstoffe ohne Wirkung übrig
- übrige Abwasserinhaltsstoffe (organische, anorganische) reagieren auch mit Ozon und OH-Radikalen
- Die meisten davon haben keine Wirkung
- In problematischen Abwässern können toxische Reaktionsprodukte entstehen
- Einige davon sind biologisch abbaubar, einige nicht

# Verfahrenstechnik – Ozonung

Zum Abbau der labilen Reaktionsprodukte ist eine biologische Nachbehandlung nötig.

Bericht Nachbehandlung nach Ozonung mit Erklärungen zu den möglichen Verfahren auf [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch) unter Faktenblätter

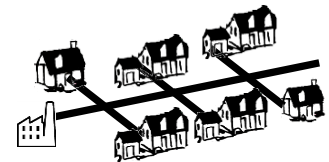
Sicherheitsdatenblätter Ozon ([Link](#))  
und Sauerstoff ([Link](#))



# Verfahrenstechnik - Ozonung



- etabliertes, stabiles, wirtschaftliches Verfahren
- gut in die bestehende Anlage integrierbar
- Erhöhter Ozonbedarf bei hohen Nitrit- und DOC-Konzentrationen im Zulauf
- Positive Nebeneffekte: teilweise Desinfektion, weniger Geruch, ...
- Abwasserzusammensetzung → abklären, ob Abwasser für Ozonung geeignet ist → mind. 6 Monate Zeit einrechnen, Ziel: minimale Bildung von Oxidationsnebenprodukten
- Überwachungs-Konzept nötig für Betriebszeit (z.B. Messung Bromat usw.), Absprache mit dem Kanton

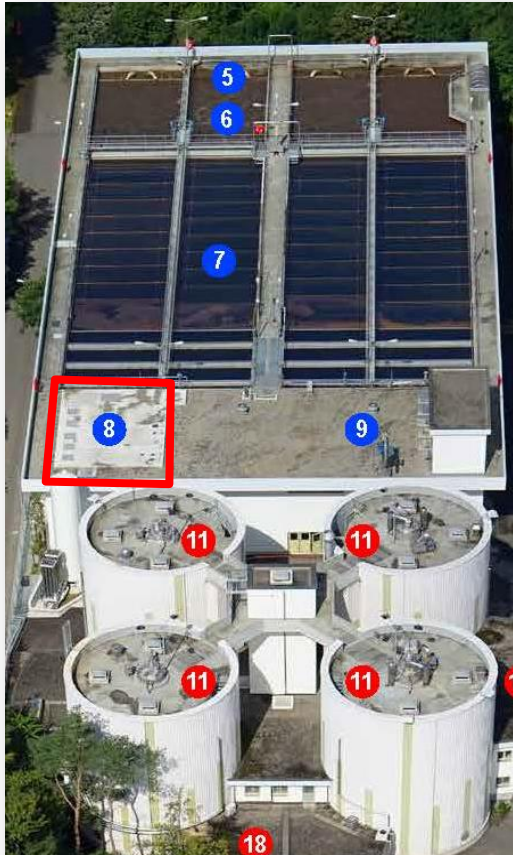


VSA-Empfehlung „Abklärungen Verfahrenseignung Ozonung“, [Link](#)

# Verfahrenstechnik - Ozonungen in der Schweiz in Betrieb



ARA Neugut, Dübendorf (seit 2014)



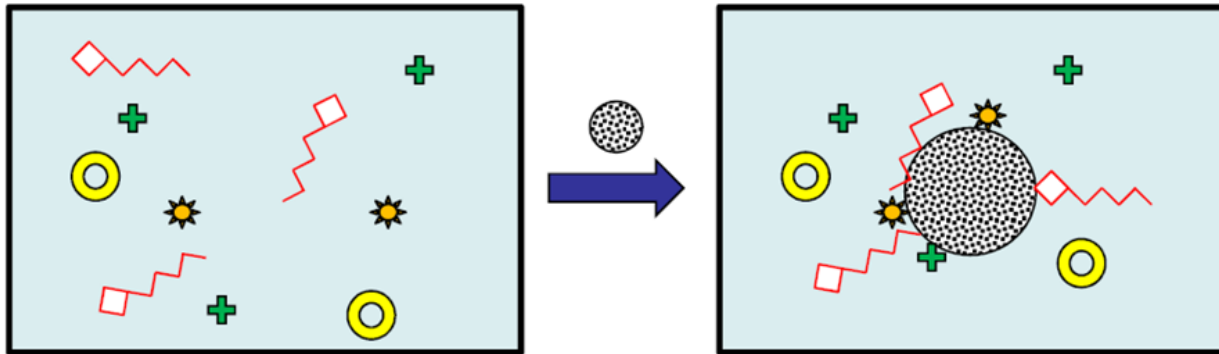
ARA Neugut, Quelle: [www.neugut.ch](http://www.neugut.ch)

ARA Reinach, Oberwytental (seit 2017)



ARA Reinach, eigenes Foto

Ab Sommer 2018: ARA Werdhölzli und  
ARA Bassersdorf



- Spurenstoffe lagern sich an die Aktivkohle an (**Adsorption**)
- Aktivkohle wird **(i)** in die Biologie zurückgeführt und mit dem Klärschlamm **verbrannt**, oder **(ii) regeneriert und wieder verwendet**.

# Verfahrenstechnik - Aktivkohle



- etablierte, wirtschaftliche Verfahren
- Stabiler Betrieb möglich, robust
- Positive Nebeneffekte:
  - DOC-Elimination
  - Entfärbung
  - ...
- Pulver- (PAK) und granulierte Aktivkohle (GAK)

Die Aktivkohle (PAK, GAK) muss möglichst vollständig vom gereinigten Abwasser abgetrennt werden: **Aktivkohle-Schlupf unbedingt so weit wie möglich minimieren.**

# Verfahrenswahl - Pulveraktivkohle



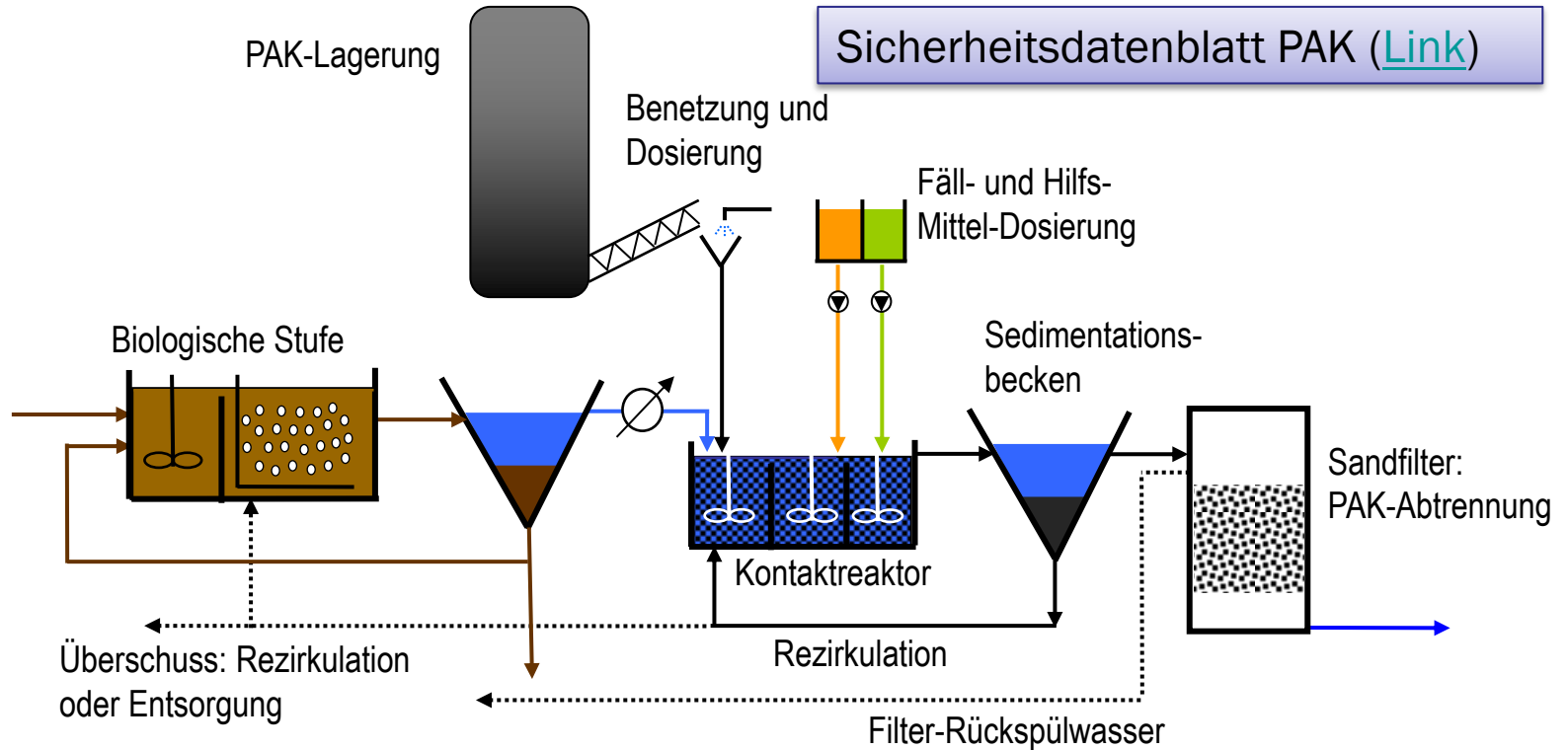
- Viele Schnittstellen zur bestehenden Anlage
- Entsorgung mit Klärschlamm in Verbrennung (Kapazität Schlammbehandlung)
- ökologischer Fussabdruck ist teilweise beträchtlich (je nach Verfahren, Rohstoffe, usw.)
- Rezirkulation der Überschuss-PAK in die biologische Reinigung zur optimalen Ausnutzung der Adsorptionskapazität → Kapazität nötig in der Biologie (keine Erfahrung mit Biofilm-Systemen)



# Verfahrenstechnik - Aktivkohle



«Ulmer-Verfahren»: PAK-Dosierung mit Sedimentation und Filtration



# Verfahrenstechnik - verschiedene Anwendungen von Aktivkohle

## Pulveraktivkohle (PAK)

- Dosierung in Kontaktreaktor, Abtrennung mit Sedimentation und Sandfiltration («Ulmer-Verfahren»)
- Dosierung vor einen Sandfilter
- Dosierung in die bestehende Belebtschlamm-Biologie

## Granulierte Aktivkohle (GAK)

- Als GAK-Filter
- Als GAK im Wirbelbett

Auch Kombinationen Ozonung und Aktivkohle möglich

Erklärungen zur Verfahrenstechnik: [Link](#)

# Verfahrenstechnik Aktivkohle-Anlagen in der Schweiz – in Betrieb

ARA Herisau (seit 2015)



Ab Herbst  
2018:

- Thunersee
- Schönau

ARA Herisau, Quelle:  
Gemeinde Herisau,  
August 2015

# Kosten bereits realisierter Projekte – nicht vergleichbar!



## MV-Stufe ARA Neugut:

- Ozonung
- Kapazität: 150'000 EW
- $Q_{\max, MV} = 660$  l/s
- Brutto-Investitionskosten (ohne Abgeltungen): 3.27 Mio. CHF
- Betriebskosten: 110'000 CHF/Jahr

### Spezialfall:

Optimale Voraussetzungen für eine Ozonung (bestehendes Gebäude), bestehende Sandfiltration, kein zusätzliches Pumpwerk nötig, Vollstrombehandlung,...

## MV-Stufe ARA Herisau:

- Dosierung von PAK mit Sedimentation und Filtration
- Kapazität: 34'000 EW
- $Q_{\max, MV} = 170$  l/s (total ARA 310 l/s)
- Brutto-Investitionskosten (ohne Abgeltungen): 5.30 Mio. CHF
- Betriebskosten: 230'000 CHF/Jahr (Abschätzung gemäss KV)

### Spezialfall:

Grosser industrieller Einfluss und daher hohe PAK-Dosierung, schwieriger Baugrund, bestehende Sandfiltration, Teilstrombehandlung,...

# Kosten – Gleiches mit Gleichem vergleichen



Es ist nicht möglich, die Kosten einzelner Projekte anhand dieser Zahlen zu vergleichen, da man «Äpfel mit Birnen» vergleicht. Die Kosten werden durch viele Faktoren beeinflusst.



Daher ist es wichtig, die Systemgrenzen und Berechnungsansätze zu definieren, was im Projekt Kennzahlen der VSA-Plattform geschieht (bald abgeschlossen).

Erste allgemeine Abschätzungen zu Kosten von MV-Stufen, 2012, [Link](#)

Wolfgang Schuster  
Assessor und  
Coaching  
Fachkraft  
Association suisse  
des professionnels  
des techniques  
de traitement  
des effluents  
Association suisse  
des professionnels  
de la production  
de gaz de synthèse  
Suisse  
Association  
V S A  
Europastrasse 37  
8150 Glatbrugg  
Sekretariat@vsa.ch  
www.vsa.ch  
T: 043 343 70 70  
F: 043 343 70 71

**Definition und Standardisierung von Kennzahlen für Verfahren zur Eliminierung von organischen Spurenstoffen in ARA**

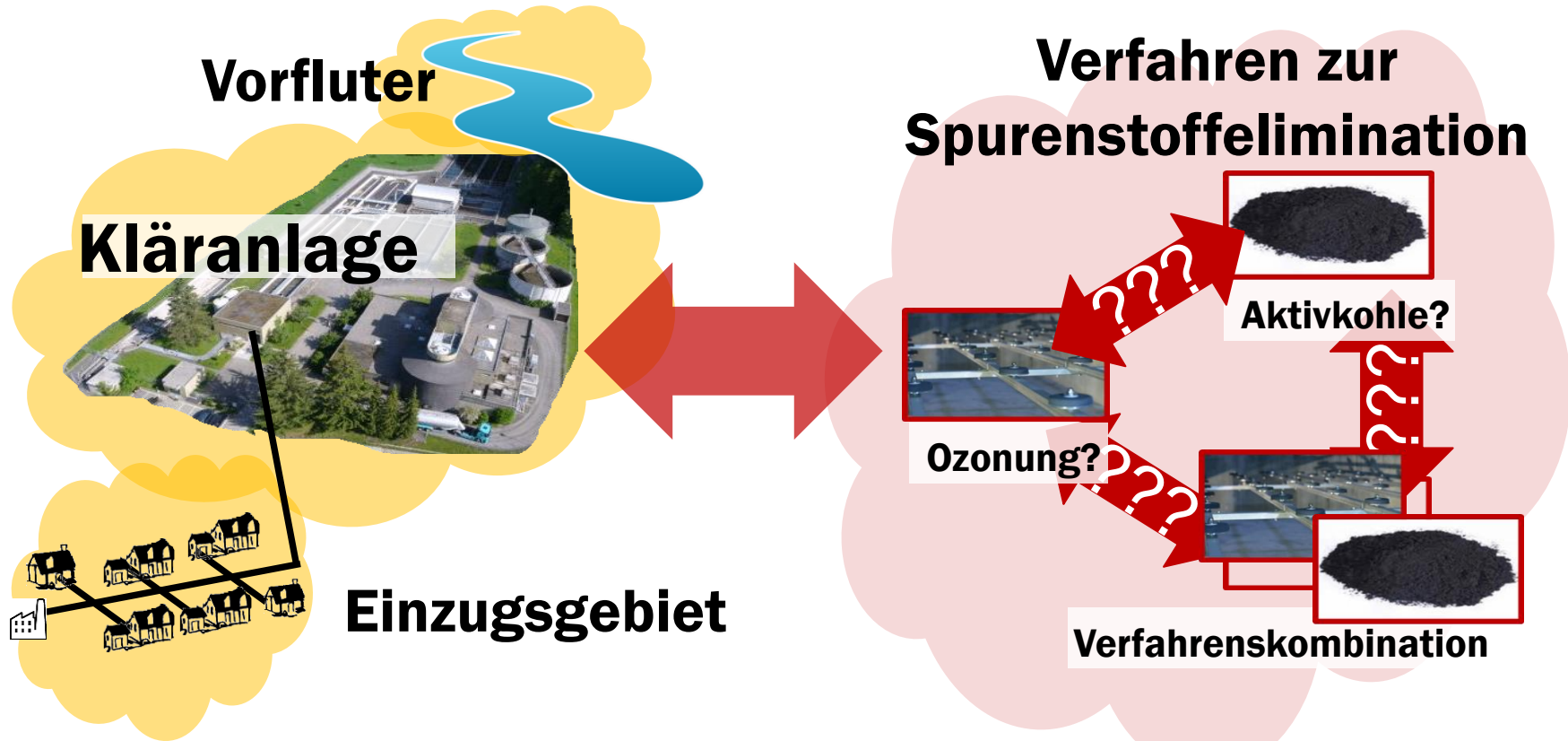
**Empfehlung**

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

# Verfahrenswahl – Randbedingungen beachten



Es wird kein Verfahren bevorzugt. Jede ARA muss separat betrachtet werden. Die jeweiligen Randbedingungen sind ausschlaggebend.



# Verfahrenswahl – Vorgehensmöglichkeit



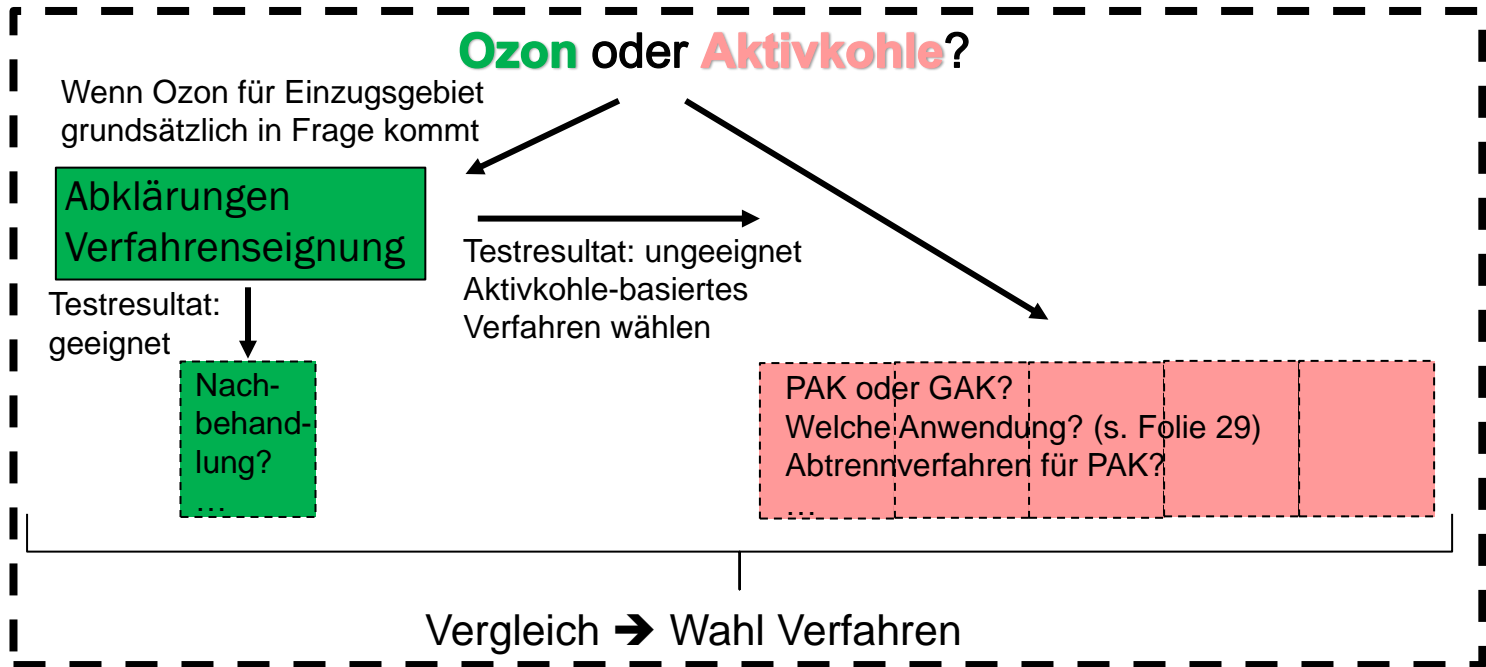
## 1. Schritt, frühzeitig:

- Gespräch Kanton (kantonale Einzugsgebiets-Planung)
- Informationen besorgen (z.B. bereits realisierte MV-Stufen besichtigen, Experten kontaktieren,...)
- Überlegungen zum Einzugsgebiet (Anteil Industrie? Entwicklungen? Zusammenschlüsse? ...) und Nutzungen unterhalt (z.B. Trinkwasser)
- Allenfalls Ist-Zustand-Erhebung Biologie im Gewässer

# Verfahrenswahl – Vorgehensmöglichkeit



2. Schritt: Variantenstudium



3. Schritt: Vorprojekt etc.

# Verfahrenswahl – wichtige allgemeine Fragestellungen



Stellen Sie die relevanten Fragen in der Diskussion mit Ingenieuren und dem Kanton

Beispielsweise:

- Welche Verfahren gibt es, wieviel Erfahrungen hat man dazu und was sind die Vor- und Nachteile?
- Welchen Einfluss hat das Einzugsgebiet resp. die Abwasserzusammensetzung auf die Verfahrenswahl?
- Welche Rolle spielen die bereits vorhandenen Reinigungsstufen auf der bestehenden ARA?
- Inwieweit ist der Vorfluter für die Verfahrenswahl relevant?
- ...

# Verfahrenswahl – Beispiele für Bewertungskriterien



- Wirtschaftlichkeit (Investitions- und Betriebskosten)
- Randbedingungen (Bildung von unerwünschten Stoffen?)
- grosstechnische Erfahrungen (Pilotierung, Umsetzung, Betrieb)
- Platzbedarf
- Integrierbarkeit in best. Anlage, Schnittstellen
- Bestehende Biologie: Einfluss Verfahren und Kapazitätsreserven
- Ressourcenverbrauch
- Erweiterbarkeit in Zukunft
- zusätzliche Effekte (z.B. DOC-Elimination, ...)
- Betrieb: Umgang mit neuen Stoffen, Sicherheitsaspekte
- ...

# Verfahrenswahl – Einfluss Einzugsgebiet 1



## Randbedingung

Es gibt Einleiter von Bromid /Bromat, Nitrosaminen oder Vorläufersubstanzen von Nitrosaminen?:

- chemische Industrie
- KVA mit nasser Rauchgaswäsche
- Deponien
- Sonderabfallverbrennungsanlagen

Es sind Messungen im Zulauf zur zukünftigen MV-Stufe vorhanden von:

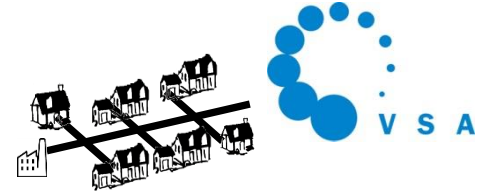
- Bromidkonzentrationen  $> 100\mu\text{g/l}$
- Konzentration von NDMA  $> 5\text{ng/l}$
- Chromkonzentrationen  $> 1\mu\text{g/l}$

## Einfluss auf Verfahrenswahl

Es sind vertiefte Abklärungen nötig, ob eine Ozonung an diesem Standort geeignet ist, Risiko zur Bildung von unerwünschten Oxidationsnebenprodukten

Vertiefte Abklärungen, siehe oben

# Verfahrenswahl – Einfluss Einzugsgebiet 2



## Randbedingung

Entwicklungen im Einzugsgebiet: zukünftig werden sich höchstwahrscheinlich zahlreiche neue Industrie- und Gewerbe-Betriebe ansiedeln

## Einfluss auf Verfahrenswahl

Vertiefte Abklärungen, siehe vorherige Folie

# Verfahrenswahl – Einfluss bestehende ARA 1



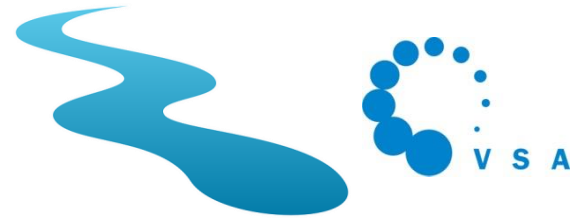
Randbedingung	Einfluss auf Verfahrenswahl
<b>Knappe Platzverhältnisse</b>	Eher kein Ulmer-Verfahren wegen grossem Platzbedarf der Sedimentation
<b>Hohe Nitrit-Konzentrationen im Zulauf der MV-Stufe</b>	Bewirkt massiv erhöhten Ozonverbrauch
<b>Hohe GUS-Konzentrationen im Zulauf zur MV-Stufe</b>	GAK-Filtration eher ungeeignet, da zu oft rückgespült werden müsste
<b>Bestehende Becken können genutzt werden</b>	Können vor allem für PAK-Anwendungen umgebaut werden, für Ozonreaktoren ist eine Höhe von ca. 5 - 6 m nötig.
<b>Bestehende Sandfiltration</b>	Kann eventuell für Nachbehandlung nach Ozonung oder als Abtrennverfahren von PAK umgenutzt oder zu einer GAK-Filtration umgebaut werden

# Verfahrenswahl – Einfluss bestehende ARA 2



Randbedingung	Einfluss auf Verfahrenswahl
<b>Vorhandenes biologisches Verfahren ist ein Wirbelbett oder ein Biofilter</b>	Keine Erfahrungen zur Rückführung der PAK in diese biologische Verfahren, ohne Rückführung => höherer PAK-Verbrauch
<b>Keine Reservekapazität in der biologischen Behandlung</b>	Prüfen ob Rückführung PAK in Biologie evtl. problematisch ist, Direktdosierung in das Belebungsverfahren benötigt noch mehr Kapazität
<b>Keine Reservekapazität in der Schlammbehandlung</b>	Prüfen, ob zusätzlicher Schlamm bei PAK-Verfahren ein Problem ist
<b>Knappe hydraulische Verhältnisse</b>	Offene Systeme (Ozon+Wirbelbett, oder GAK im Wirbelbett) haben geringere hydraulische Verluste

# Verfahrenswahl - Einfluss Vorfluter



Randbedingung	Einfluss auf Verfahrenswahl
verschärfte Einleitbedingungen bezüglich DOC	Mit Aktivkohle kann mehr DOC in der MV-Stufe eliminiert werden als mit Ozon
Unterliegende Nutzungen	z.B. Trinkwasserfassung → Abklärungen Verfahrenseignung Ozonung, sicherstellen, dass keine trinkwasserrelevanten Stoffe in der Ozonung übermässig gebildet werden z.B. Badegewässer → Desinfektion?
verschärfte Einleitbedingungen bezüglich Phosphor	Verfahren mit Filtration
verschärfte Einleitbedingungen bezüglich GUS	Verfahren mit Filtration

## Randbedingung

## Einfluss auf Verfahrenswahl

Nur gut erprobte Verfahren kommen in Frage

Ozon und PAK Ulmverfahren sind gut etabliert  
„PAK vor Sandfiltration“ und „PAK in die Biologie“ auf dem Weg zum Standardverfahren  
noch zus. Erfahrungen nötig (Pilotversuche am Laufen) für GAK und Kombinationen

Ökobilanz wichtig, Nachhaltigkeit, Energieverbrauch

- Ökobilanz von Ozon ist momentan besser als diejenige von PAK
- Rohstoff, Herkunft und Anteil Reaktivat sind wichtig für Ökobilanz der PAK

Leitfaden «Energie in ARA: Elimination von Mikroverunreinigungen» auf [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)

# Auswirkungen im Gewässer



- Die Auswirkungen der MV im Gewässer werden gegenwärtig detailliert untersucht (Forschungsprojekt EcoImpact der Eawag).
- Am Beispiel der ARA Herisau zeigte sich im Rahmen des EcoImpact, dass bereits ein halbes Jahr nach Inbetriebnahme der MV-Stufe durch die verbesserte Wasserqualität in der Glatt das Gesundheitsrisiko für die Fische deutlich geringer war.



Ch. Stamm, Eawag

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Ozonung ARA Werdhölzli Ende 2017, U. Müller, ERZ

Bei weiteren Fragen:

[www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)

[FAQ](#)

[Kontakt](#) VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen»