

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 Mikroverunreinigungen» gern zur Verfügung: [Kontakt](#)

Übersicht



- 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

Ziele



- 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

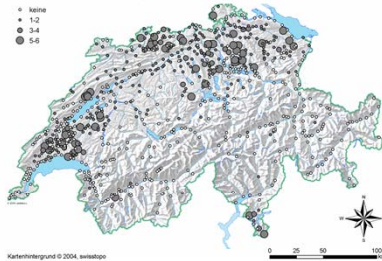
Defizite in der Gewässerqualität



Ökosystem beeinträchtigt

Anzahl Überschreitungen von Qualitätskriterien unterhalb ARA

- keine
- 1-2
- 3-4
- 5-6

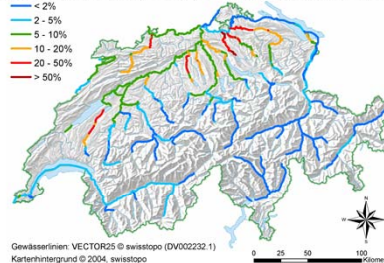


Kartenherkunft © 2004, swisstopo

Trinkwasserressourcen belastet

Anteil gereinigtes Abwasser in grossen und mittleren Fließgewässern

- < 2%
- 2 - 5%
- 5 - 10%
- 10 - 20%
- 20 - 50%
- > 50%



Gewässernetz: VECTOR25 © swisstopo (DV002232.1)

Kartenherkunft © 2004, swisstopo

Bevölkerungsdichte



Druck auf die Gewässer nimmt zu:

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

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 7

Eine gute Wasserqualität der Oberflächengewässer ist wichtig, um die Gewässerökosysteme und unsere Trinkwasserressourcen zu schützen. Mit dem Bau von Abwasserreinigungsanlagen wurde die Wasserqualität in den letzten Jahrzehnten massiv verbessert. Mit der zunehmenden Besiedlungsdichte, dem Anstieg der Wassertemperaturen oder den stofflichen Belastungen aus Siedlungen, Verkehrsflächen, Landwirtschaft und anderen Nutzungen nimmt der Druck auf die Gewässer jedoch stetig zu.

Verschiedene Forschungsprojekte (NFP50 «Hormonaktive Stoffe: Bedeutung für Menschen, Tiere und Ökosysteme», Netzwerk Fischrückgang Schweiz «Fischnetz») der letzten Jahre untersuchten die Probleme von Mikroverunreinigungen und wiesen auf die Notwendigkeit einer Optimierung der Abwasserreinigung hin.

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

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 8

Unter Mikroverunreinigungen versteht man organische Substanzen, welche in den Gewässern in Konzentrationen im Bereich von wenigen Nano- bis Mikrogramm pro Liter vorkommen und die bereits in so tiefen Konzentrationen den Ablauf grundlegender biochemischer Prozesse in der Natur beeinflussen können. Darunter fallen einerseits viele synthetische Substanzen wie Arzneimittelwirkstoffe, Stoffe mit bioziden Eigenschaften (z.B. für Materialschutz oder Gartenpflege), Lebensmittelzusatzstoffe, Inhaltsstoffe von Kosmetika oder Reinigungsmitteln, etc., aber auch Stoffe natürlichen Ursprungs wie beispielsweise Hormone.

Wie gelangen MV in unsere Gewässer?



Abwasserreinigungsanlagen (ARA) sind ein wichtiger Eintragspfad 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

Seite 9

Mikroverunreinigungen führen in den Gewässern zu unerwünschten Effekten. Für den kontinuierlichen Eintrag solcher problematischer Substanzen bilden die kommunalen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) den bedeutendsten Eintragspfad.

Die heutigen kommunalen ARA sind auf die Elimination von Feststoffen, abbaubaren organischen Stoffen sowie Nährstoffen ausgelegt. Sie tragen massgeblich zum Gewässerschutz und zur generell guten Wasserqualität der Schweizer Oberflächengewässer bei. Auch einige Mikroverunreinigungen werden in einer aktuellen, gemäss Stand der Technik ausgebauten ARA gut entfernt. Viele dieser potentiell schädlichen Substanzen werden biologisch aber nicht abgebaut und haften auch nicht am Klärschlamm. Sie werden, weil sie kontinuierlich aus Haushalten oder Gewerbe in die Kanalisation gelangen, zusammen mit dem gereinigten Abwasser in die Gewässer eingetragen.

Die durchgeführten Studien und Pilotversuche haben gezeigt, dass weitergehende Reinigungsverfahren auf kommunalen ARA eine wirksame Massnahme zur Verbesserung der Wasserqualität der Gewässer sind.

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

Bundesgesetz **814.20**
über den Schutz der Gewässer
(Gewässerschutzgesetz, GSchG)

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

Gewässerschutzverordnung **814.201**
(GSchV)

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

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 10

Die durchschnittlichen Kosten für die Abwasserreinigung der Schweiz belaufen sich heute auf rund 0.70 Fr./m³, resp. rund 130 Fr./Einwohner/Jahr (nur ARA-Kosten). Durch eine Erweiterung mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe (Ozon oder Aktivkohle) steigen die Abwasserreinigungskosten je nach Ausbaugrösse um 0,5–0.30 Fr./m³, bei ungünstigen Verhältnissen (Abwasserzusammensetzung, Infrastruktur etc.) können sie höher ausfallen. Die Mehrkosten sind für die PAK-Anwendung und die Ozonung vergleichbar und hängen vor allem von der Anlagengrösse, der vorhandenen Infrastruktur sowie der Abwasserzusammensetzung ab. Das angestrebte Massnahmenpaket führt zu jährlichen Mehrkosten der Abwasserreinigung von ca. 130 Mio. Fr., resp. 17 Fr./Einwohner.

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



Oberliegerverantwortung / Frachtreduktion

- ARA > 80'000 E.



Muss die ARA in unserer Gemeinde ausbauen? → Kanton fragen

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 11

Es sind nicht alle ARA betroffen

Dieser Ausbau wird in der aktualisierten Gewässerschutz-gesetzgebung geregelt, die seit Januar 2016 in Kraft ist. Der Bau zusätzlicher Reinigungsstufen erfolgt dort, wo der Nutzen am grössten ist: Erstens werden zum Schutz aquatischer Ökosysteme Kläranlagen mit mehr als 8'000 angeschlossenen Einwohner/innen ausgebaut, die mehr als 10% Abwasseranteil im Vorfluter und somit eine ungenügende Verdünnung aufweisen. Zweitens betrifft es zum Schutz der Trinkwasserressourcen ARA im Einzugsgebiet von Seen mit mehr als 24'000 angeschlossenen Einwohner/ innen sowie andere Anlagen ab 8000 angeschlossenen Einwohnern, wenn eine Reinigung aufgrund besonderer hydrogeologischer Verhältnisse erforderlich ist (Karstgebiete). Und drittens werden die grössten ARA mit mehr als 80'000 angeschlossenen Einwohner/-innen ausgebaut, um die Frachten an MV stark zu verringern. Der Kanton legt in der Regel die betroffenen ARA und den spätesten Ausbau-Zeitpunkt in seiner kantonalen Planung fest. Je nach Situation kann auch die Aufhebung einer ARA oder die Ableitung in einen grösseren Vorfluter aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht sinnvoll sein, um insbesondere stark belastete Gewässer zu entlasten.

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:

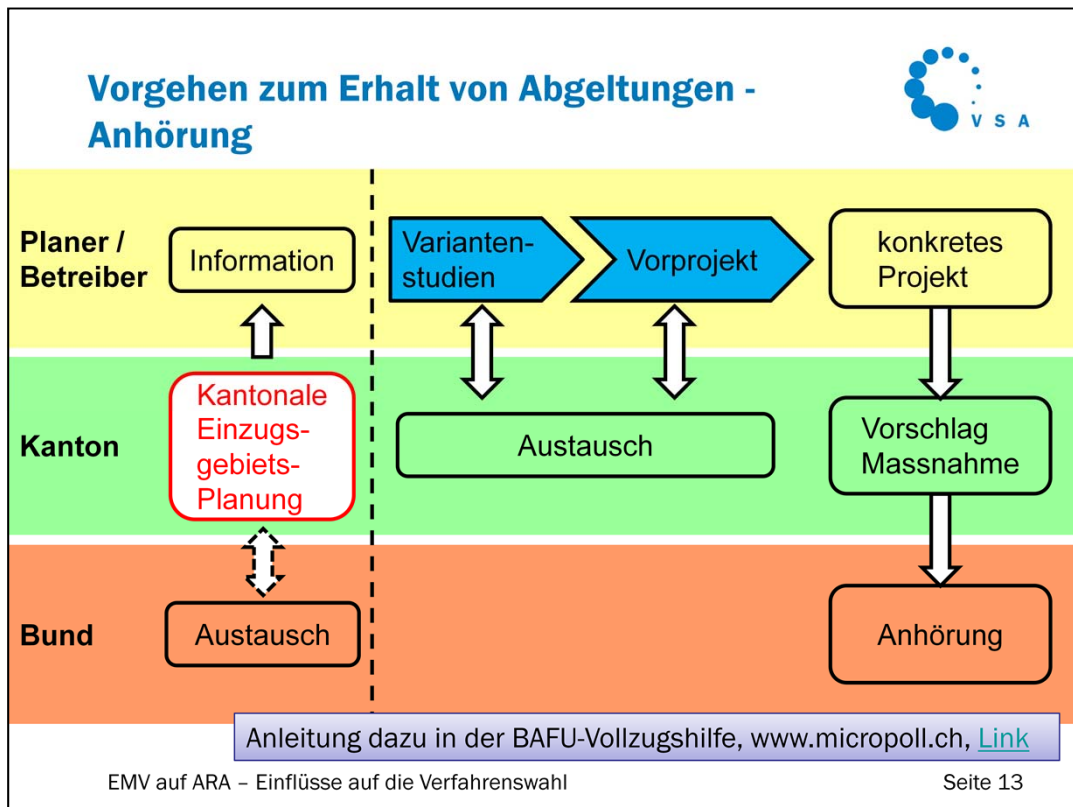
- Der Bund erhebt eine Abwasserabgabe bei den zentralen ARA
- 9 CHF/Einwohner und Jahr fliessen in einen Fonds
- Abgeltung 75% der Erstinvestitionskosten von MV-Stufen bei betroffenen ARA (zusätzliche Reinigungsstufen oder Kanalisationen zur Minderung des Eintrags von Spurenstoffen)

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

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

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 12



Die kantonale Einzugsgebiets-Planung bezeichnet die Anlagen, die ausbauen müssen.

Das Verfahren zur Gewährung von Abgeltungen beinhaltet drei Phasen:

Die erste Phase der Anhörung findet nach dem Variantenstudium oder dem Vorprojekt statt.

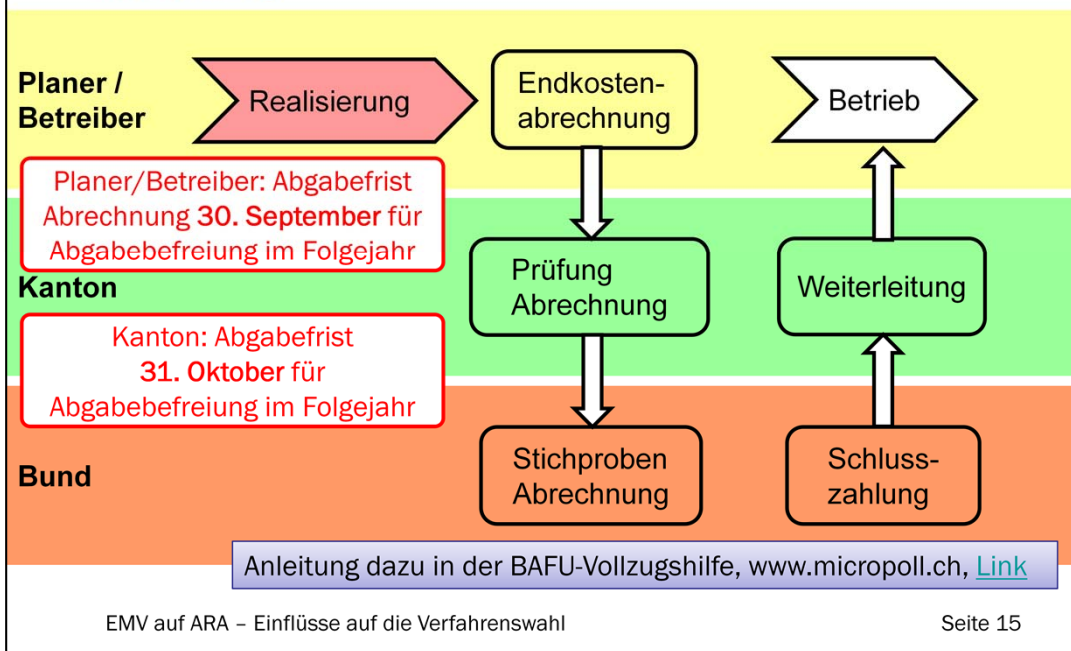
Ziel der Anhörung ist ein gegenseitiger Abgleich des Vorgehens, sodass alle Beteiligten Sicherheit haben für die Weiterführung des Projekts.

Die Aufgaben von Kanton und Bund sind dabei klar getrennt:

- Der Kanton ist für die technische Prüfung (Aufsicht) und den Vollzug zuständig
 - Das BAFU hat die Oberaufsicht und entscheidet über die Abgeltung
- Für die Anhörung sollte etwa 3 Monate Zeit eingeplant werden.

-> die zweite Phase ist die Zusicherung

Vorgehen zum Erhalt von Abgeltungen – Auszahlung



Für die Auszahlung ist eine detaillierte Kostenabrechnung nötig.

Wenn in der Zusicherung vereinbart, können Teilzahlungen gemacht werden.

Um auf das nächste Kalenderjahr von der Abgabe befreit zu werden, sind zwei Fristen zu beachten:

- Die Endkostenabrechnung muss bis am 30. September beim Kanton sein.
- Und dieser muss sie bis am 31. Oktober ans BAFU weitergeleitet haben.

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

Ausbau-Zeitpunkt:

Falls primär der wirtschaftliche Betrieb der ARA im Vordergrund steht, lohnt sich ein früher Ausbau sehr selten. In der Regel werden die zusätzlichen Betriebskosten höher sein als die eingesparte Abwasserabgabe. Im Übrigen fallen auch zusätzliche Kapitalkosten an. Bei der Planung sind aber andere Faktoren zu berücksichtigen, wie ein geplanter Umbau, der Zustand des Gewässers, etc.

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)
- Erfahrungsaustausch fördern
- offene Fragen bearbeiten

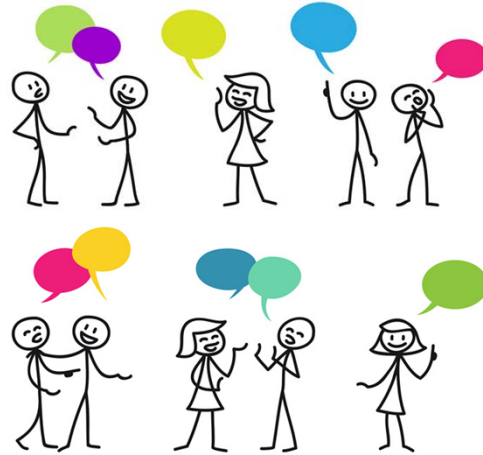
Optimaler Projektablauf – Informationen für ARA-Betreiber



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/>

Verfahrenstechnik



Ozon oder Aktivkohle

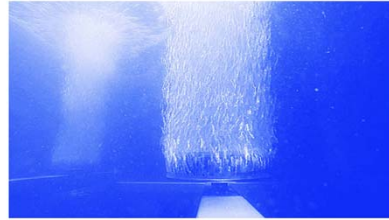
- Mit beiden Verfahren kann man das Reinigungsziel von 80% Elimination der MV erreichen, es wird somit eine grosse Bandbreite an MV eliminiert
- Beide Verfahren sind bereits gut etabliert und es gibt diverse Anlagen in Betrieb
- Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile
- es wird keines bevorzugt

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>

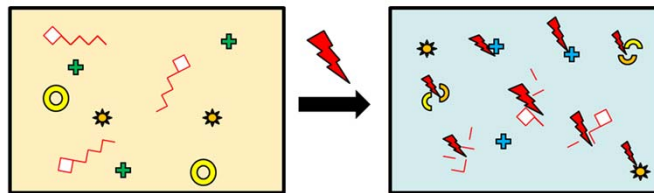


Aktivkohle, <http://www.aks-heimann.de/aktivkohle>

Seite 20

Mikroverunreinigungen können mit Ozon oder Aktivkohle aus dem kommunalen Abwasser eliminiert werden. Es zeigt sich, dass diese Verfahren über die letzten Jahre tendenziell kompakter und günstiger geworden sind.

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

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 21

Mit Ozon werden die MV durch chemische Prozesse umgewandelt und deren biologische Aktivität wird stark reduziert.

Ozon und OH-Radikale zerstören die Spurenstoffe. Die Bruchteile haben keine Wirkung.

Die übrigen Abwasserinhaltsstoffe reagieren ebenfalls mit Ozon und OH-Radikalen. Die meisten dieser Reaktionsprodukte haben auch keine Wirkung.

Eine Ozonung kann bei den meisten ARA in der Schweiz mit gutem Gewissen gebaut werden. Dies sind ARA mit hauptsächlich kommunalem Abwasser. Die Behandlung mit Ozon hat hier viele positive Effekte auf die Qualität des gereinigten Abwassers (Reduktion Spurenstoffe und ökotoxikologischer Effekte, Hygienisierung, Entfärbung). Auch bei ARA mit einem gewissen Anteil an industriellen Einleitern kann der Bau einer Ozonung möglich sein. Grundsätzlich gilt aber, dass jeweils im Einzelfall die Randbedingungen sorgfältig abgeklärt werden müssen. Dazu gibt es die VSA-Empfehlung „Abklärungen zur Verfahrenseignung Ozonung“ (siehe Folie 23). Dazu sollte vorgängig im Rahmen des Vorprojekts die VSA Empfehlung „Abklärungen zur Verfahrenseignung Ozon“ verwendet werden, in die das Ozontestverfahren integriert wurde. Darin wird u.a. die Bildung bekannter problematischer Umwandlungsprodukte wie Bromat und Nitrosamine angeschaut. Zusätzlich werden ökotoxikologischen Abklärungen empfohlen. Diese erfassen im Gegensatz zu einzelnen chemischen Messungen die Summenwirkungen möglicher unbekannter

problematischer Umwandlungsprodukte. Wichtig ist es auch, die weitere Entwicklung des Einzugsgebiets im Blick zu behalten. Sollen bestimmte Industrien angesiedelt werden, ist dies zu berücksichtigen. Schlussendlich ist somit eine Gesamtbeurteilung des Abwassers zur Behandelbarkeit mit Ozon möglich. In unklaren Fällen werden Alternativen zur Ozonung empfohlen.

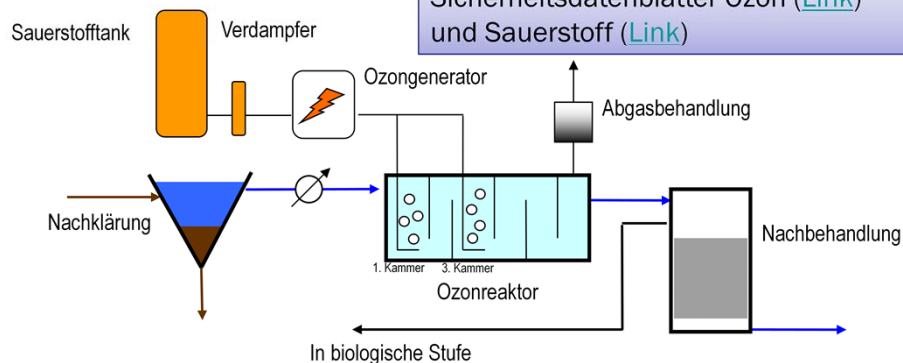
Verfahrenstechnik – Ozonung



Zum Abbau der labilen Reaktionsprodukte ist eine biologische Nachbehandlung nötig.

Bericht Nachbehandlung nach Ozonung mit Erklärungen zu den möglichen Verfahren auf www.micropoll.ch unter Faktenblätter

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



EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 22

Ozon wird aus Sauerstoff vor Ort hergestellt und im Ozonreaktor mit dem gereinigten Abwasser in Kontakt gebracht. Die Aufenthaltszeit im Kontaktreaktor ist so zu wählen, dass auch bei Regenwetter ausreichend Zeit bleibt, damit das Ozon abreagieren kann und nicht bis in die biologische Nachbehandlung gelangt.

Im Umgang mit Ozon und Sauerstoff müssen sicherheitstechnische Aspekte berücksichtigt werden. Beispielsweise muss das Restozon in der Abluft zerstört werden, bevor es in die Umgebung abgegeben wird, da es sich um ein Reizgas handelt.

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](#)

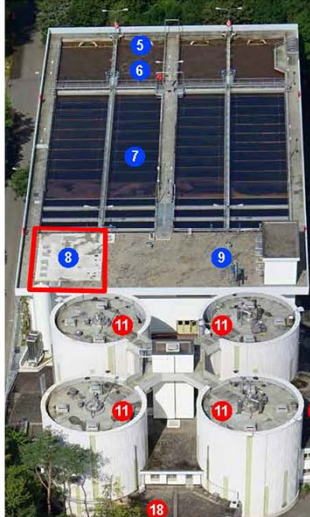
EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 23

Verfahrenstechnik - Ozonungen in der Schweiz in Betrieb



ARA Neugut, Dübendorf (seit 2014)



ARA Neugut, Quelle: www.neugut.ch

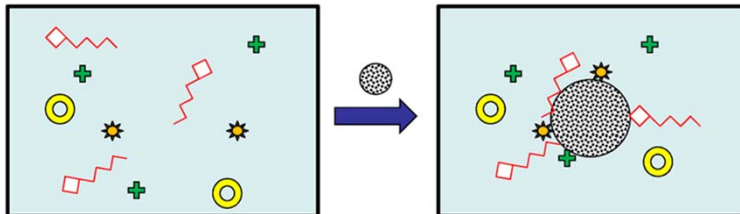
ARA Reinach, Oberwytental (seit 2017)



Ab Sommer 2018: ARA Werdhölzli und
ARA Bassersdorf

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 24



- 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**.

Die Spurenstoffe lagern sich an die Aktivkohle an.

Im Fall von Pulveraktivkohle (PAK) wird diese dann in die Biologie zurückgeführt (um möglichst viel von der Adsorptionskapazität zu brauchen) und mit dem Klärschlamm verbrannt. Der Faulungsprozess wird durch die PAK nicht negativ beeinflusst (siehe Faktenblatt auf www.micropoll.ch, Dokumente, Faktenblätter).

Im Fall von granulierter Aktivkohle (GAK) wird diese regeneriert und wieder verwendet.

Es ist wichtig, dass die PAK und GAK vom Abwasser abgetrennt werden, um den Aktivkohle-Schlupf so gut wie möglich zu minimieren.

Verfahrenstechnik - Aktivkohle



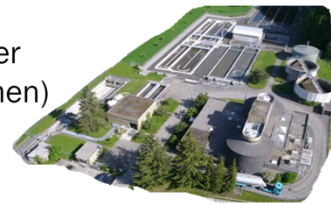
- etablierte, wirtschaftliche Verfahren
- Stabiler Betrieb möglich, robust
- Positive Nebeneffekte:
 - DOC-Elimination
 - Entfärbung
 - ...
- Pulver- (PAK) und granulierte Aktivkohle (GAK)

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 - 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

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 30

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).

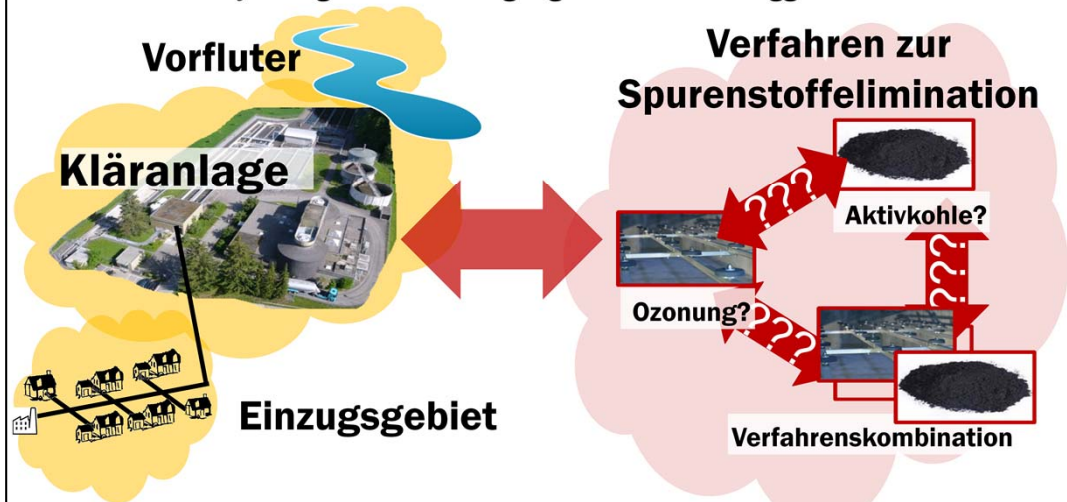
Erste allgemeine Abschätzungen zu Kosten von MV-Stufen, 2012, [Link](#)



Verfahrenswahl – Randbedingungen beachten



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



EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 33

Zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen haben sich bislang zwei Verfahren etabliert: der Einsatz von Ozonung, sowie der Einsatz von Aktivkohle. Wird in der Schweiz eines der beiden Verfahren vorgeschrieben, bzw. bevorzugt?

Nein, es wird weder eines der beiden Verfahren bevorzugt noch vorgeschrieben. Das Ziel ist, die jeweils bestmögliche Lösung für die einzelne ARA zu eruiieren und umzusetzen. Dabei müssen verschiedene Aspekte mitberücksichtigt werden, wie beispielsweise: Platzverhältnisse, bestehende Infrastrukturen, vorgeschaltetes biologisches Reinigungsverfahren, bestehende Kapazitäten, etc. Ein weiterer relevanter Punkt insbesondere für die Behandlung mit Ozon ist die Abwasserzusammensetzung. Hier geht es insbesondere darum, vorgängig abzuklären, ob ein bestimmtes Abwasser überhaupt für eine Ozonung geeignet ist.

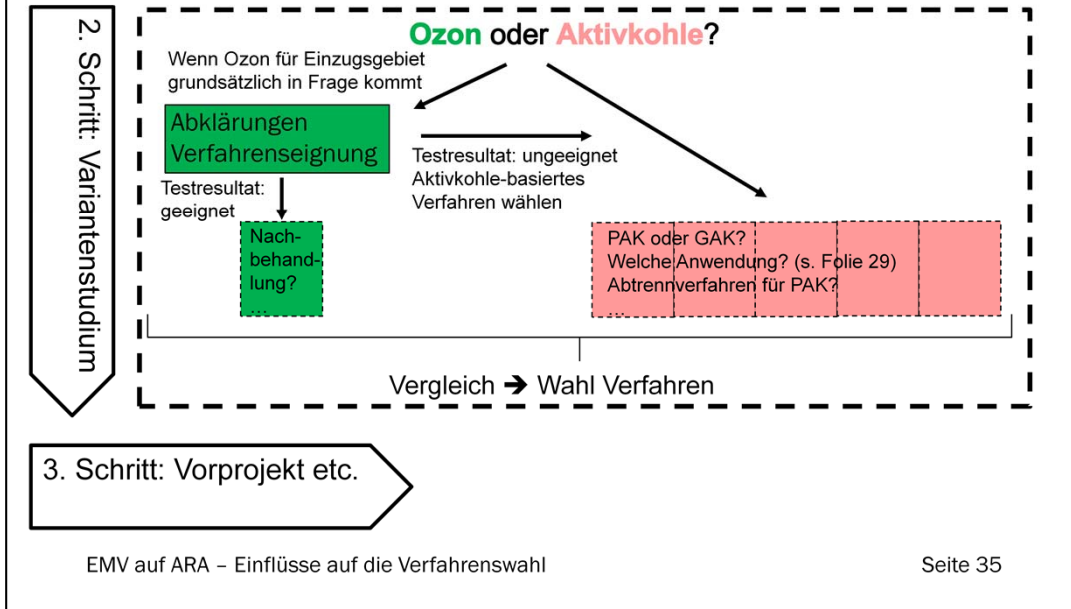
Verfahrenswahl – Vorgehensmöglichkeit



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



Das Variantenstudium (meist auf Stufe Machbarkeitsstudie) kann je nach Voraussetzungen als Ideenwettbewerb mit mehreren Planer-Büros erfolgen, wenn die MV-Stufe nicht stark in andere Ausbau-Projekte eingebunden ist.

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 > 100µg/l
- Konzentration von NDMA > 5ng/l
- Chromkonzentrationen > 1µg/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
Knappe Platzverhältnisse	Eher kein Ulmer-Verfahren wegen grossem Platzbedarf der Sedimentation
Hohe Nitrit-Konzentrationen im Zulauf der MV-Stufe	Bewirkt massiv erhöhten Ozonverbrauch
Hohe GUS-Konzentrationen im Zulauf zur MV-Stufe	GAK-Filtration eher ungeeignet, da zu oft rückgespült werden müsste
Bestehende Becken können genutzt werden	Können vor allem für PAK-Anwendungen umgebaut werden, für Ozonreaktoren ist eine Höhe von ca. 5 - 6 m nötig.
Bestehende Sandfiltration	Kann eventuell für Nachbehandlung nach Ozonung oder als Abtrennverfahren von PAK umgenutzt oder zu einer GAK-Filtration umgebaut werden

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 40

Verfahrenswahl – Einfluss bestehende ARA 2



Randbedingung	Einfluss auf Verfahrenswahl
Vorhandenes biologisches Verfahren ist ein Wirbelbett oder ein Biofilter	Keine Erfahrungen zur Rückführung der PAK in diese biologische Verfahren, ohne Rückführung => höherer PAK-Verbrauch
Keine Reservekapazität in der biologischen Behandlung	Prüfen ob Rückführung PAK in Biologie evtl. problematisch ist, Direktdosierung in das Belebungsverfahren benötigt noch mehr Kapazität
Keine Reservekapazität in der Schlammbehandlung	Prüfen, ob zusätzlicher Schlamm bei PAK-Verfahren ein Problem ist
Knappe hydraulische Verhältnisse	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

Verfahrenswahl - Diverses



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

Auswirkungen im Gewässer



- Die Auswirkungen der MV im Gewässer werden gegenwärtig detailliert untersucht (Forschungsprojekt Ecolmpact der Eawag).
- Am Beispiel der ARA Herisau zeigte sich im Rahmen des Ecolmpact, 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

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 44

Die Verschmutzung von Süßwasser-Ökosystemen durch Mikroverunreinigungen gilt heute als ein wichtiges Umweltproblem. Die Wirkung von Mikroverunreinigungen auf spezifische Organismen ist mit einer Fülle von Daten dokumentiert. Noch wenig bekannt ist hingegen, wie sich Mikroverunreinigungen auf die komplexen Strukturen und Funktionen ganzer aquatischer Ökosysteme auswirken.

Ecolmpact, ein abteilungsübergreifendes, interdisziplinäres Forschungsprojekt der Eawag, hat zum Ziel, diese Wissenslücke zu schliessen. Ecolmpact, welches 2013 startete, wurde vor allem im Hinblick auf den künftige technische Ausbau von ARA in der Schweiz initiiert. Die damit verbundenen Veränderungen bieten eine einmalige Gelegenheit, die Auswirkungen von Mikroverunreinigungen auf natürliche aquatische Ökosysteme zu untersuchen. Dazu werden zwei Ansätze verfolgt: eine Feldstudie an ausgewählten Ausläufen von Abwasserreinigungsanlagen sowie Experimente unter kontrollierten Bedingungen, unter anderem in einem Rinnensystem (Maiandros) mit kontrollierter chemischer Zusammensetzung des Wassers. Maiandros wurde entwickelt, um die Wirkung von Mischungen von Mikroverunreinigungen auf biologische Systeme experimentell untersuchen zu können. Quelle Text: Eawag-Homepage

Für die Durchführung individueller Abklärungen zur Wasserqualität vor- und nach dem Ausbau für ARA, die nicht an diesem Forschungsprojekt teilnehmen, können einfachere Tests durchgeführt werden. Dazu kann die VSA-Plattform kontaktiert werden, da die Auswahl an geeigneten Tests

noch in Abklärung ist.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Ozonung ARA Werdhölzli Ende 2017, U. Müller, ERZ

Bei weiteren Fragen:

www.micropoll.ch

[FAQ](#)

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

EMV auf ARA – Einflüsse auf die Verfahrenswahl

Seite 45